

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAQUEL MARCHESAN

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis* Thunberg
PARA FABRICAÇÃO DE PISOS**



CURITIBA
2016

RAQUEL MARCHESAN

**CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis* Thunberg
PARA A FABRICAÇÃO DE PISOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutora em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Co-orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Co-orientador: Prof. Dr. José Reinaldo M. da Silva

CURITIBA
2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Marchesan, Raquel

Caracterização tecnológica da madeira de *Hovenia dulcis* Thunberg para a fabricação de pisos / Raquel Marchesan. – Curitiba, 2016.
89 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Prof. Dr. José Reinaldo M. da Silva

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 22/02/2016.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira - Qualidade. 2. Pisos. 3. Madeira - Testes. 4. Teses. I. Rocha, Márcio Pereira da. II. Klitzke, Ricardo Jorge. III. Silva, José Reinaldo Moreira da. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.812



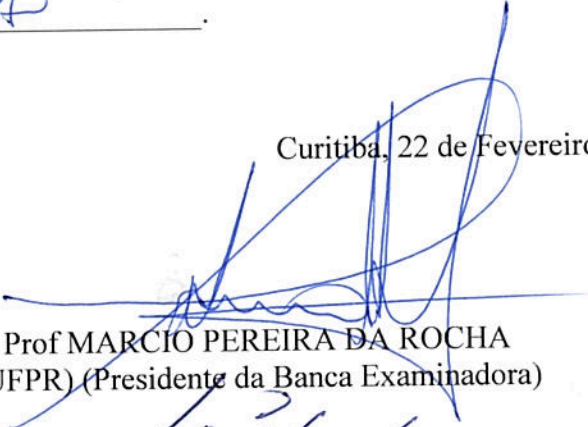
Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da
Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Tese de Doutorado de **RAQUEL MARCHESAN**, intitulada: **"CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis* Thunberg PARA FABRICAÇÃO DE PISOS"**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua

APROVADA

Curitiba, 22 de Fevereiro de 2016


Prof MARCIO PEREIRA DA ROCHA
(UFPR) (Presidente da Banca Examinadora)


Prof ELIO JOSÉ SANTINI (UFSM)


Prof FERNANDO CARDOSO LUCAS FILHO (UFAM)


Prof JOSÉ REINALDO MOREIRA DA SILVA (UFLA)


Prof JOSÉ TARCÍSIO LIMA (UFLA)

Dedico esse trabalho ao meu pai, Aldino Marchesan (*in memoriam*), à minha mãe Lurdes Marchesan, aos meus sogros Leonida Orathes do R. Barros e Dácio do R. Barros e ao meu noivo André Orathes do R. Barros pelo apoio, incentivo, amor e carinho dedicados a mim nessa longa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Professor Orientador Dr. Márcio Pereira da Rocha pelo seu auxílio e orientação durante o período de realização deste trabalho e pela sua amizade e conselhos.

Ao meu Professor co-orientador Dr. Ricardo Jorge Klitzke pela orientação e amizade ao longo dos anos, ao meu Professor co-orientador da Universidade Federal de Lavras Dr. José Reinaldo M. da Silva e à Professora Dra. Silvana Nisgoski pelo grande auxílio nas coletas de dados.

Aos colegas e amigos da pós-graduação Pedro Lício Loiola e Claudio Gumani Francisco Juízo pelo companheirismo, pelos conselhos e pela ajuda na realização deste trabalho e aos demais colegas do Laboratório de Secagem da Madeira da Universidade Federal do Paraná.

À colega Anna Carolina A. Andrade, aluna de doutorado da UFLA, pelo acolhimento, amizade e ajuda indispensáveis para a concretização do meu trabalho.

Aos colegas Jeyme, aluna de doutorado da UFLA e Samuel, aluno de graduação da UFLA, pela ajuda imprescindível para a concretização do meu trabalho.

Aos colaboradores dos laboratórios da Universidade Federal do Paraná, Sr. Gilberto, Sr. Vitor Daniel Herrera, Mari Torres e Eliane pelo imenso auxílio na coleta de dados.

Aos colaboradores da Universidade do Centro-Oeste (UNICENTRO), Professor Dr. Everton Hillig pela amizade e apoio e ao funcionário Paulo Candido Silva pela amizade e imensa ajuda, sem a qual não teria sido possível realizar este trabalho.

Às minhas alunas e orientadas Tânia, Jessica e Camila pelo auxílio, amizade longas conversas e dedicação.

Ao meu pai Aldino Marchesan (*in memoriam*) e a minha mãe Lurdes Marchesan, minha imensa gratidão, pois mesmo em momentos de dificuldade nunca deixaram faltar carinho e amor, base para minha formação.

Às minhas tias Silda, Ediles e Tudi Lucini, pela oportunidade dada no começo da minha vida acadêmica. O auxílio de vocês foi essencial para chegar até aqui.

À minha prima e amiga Jaqueline Boreli e às minhas amigas Vanessa Colelho de Almeida, Janice Bernardo, Sandra Mayer, Clarice Andrade, Aline Bonato, Graziela Polastri, Viviane Souza e Flávia R. Silva pelos conselhos, horas de conversas e Alegria.

Ao meu noivo André Orathes do R. Barros pela paciência e amor, aos meus Sogros Leonida Orathes do R. Barros e Dácio do R. Barros pelo amor, amizade e carinho e à minha cunhada Lívia do R. Barros pela amizade e boas conversas.

À Universidade Federal do Paraná e ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade da realização desse trabalho. À CAPES e ao CNPq pela concessão da bolsa.

A todos que de alguma forma me apoiaram, meu muito obrigada!

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo geral caracterizar a madeira de *Hovenia dulcis* Thunb., visando sua adequação na fabricação de pisos. Para a caracterização tecnológica foram utilizadas cinco árvores escolhidas seletivamente e após essa seleção foram coletados discos para a determinação das propriedades físicas, químicas e anatômicas da madeira. Em seguida as toras foram traçadas e medidas para a determinação do seu volume. Posteriormente foi realizado o desdobro das toras em tábuas e blocos em serraria portátil para a determinação das propriedades físicas, mecânicas e ensaios de simulação de piso em serviço. Após o desdobro das toras as tábuas foram juntamente com os blocos enviadas para a Universidade Federal do Paraná para a secagem e acondicionamento do material e posterior preparação dos corpos de prova. Os resultados encontrados para as propriedades físicas demonstraram que a *H. dulcis* caracterizou-se como madeira de média massa específica ($0,55 \text{ g/cm}^3$) e em relação à variação dimensional de baixa estabilidade. Para as propriedades mecânicas a madeira apresentou resistência média para compressão paralela às fibras e para a resistência à flexão estática; alta resistência ao cisalhamento e média resistência à dureza Janka. Nos testes de caracterização anatômica a madeira foi caracterizada como espécie de fibras curtas, porosidade em anel e provavelmente de baixa durabilidade natural devido à frequência de raios. Para todos os testes de simulação de piso em serviço, a madeira de *H. dulcis* apresentou resistência superior ou semelhante a espécies exóticas e inferior a espécies folhosas nativas amplamente utilizadas na fabricação de pisos. Todavia, foi classificada como madeira de baixa resistência para esforços máximos, podendo ser utilizada em pisos para trânsito leve ou em locais em que as cargas são baixas.

Palavras-chave: *Hovenia dulcis*. Pisos de madeira. Propriedades da madeira.

ABSTRACT

This work main objective is to technologically characterize the timber of *Hovenia Dulcis Thunb.* to evaluate their suitability for the manufacture of wood floors. To determine the technological characteristics five trees were selected to cut and, after this selection, disks were collected for the determination of physical, chemical and anatomical properties of timber. Thereof, they were traced and measured for the determination of the volume. Thereafter it was realized the sawing of the logs into planks and blocks in a portable sawmill for the determination of physical and mechanical properties and floor in service simulation test. After sawing the logs, the planks were sent to the Universidade Federal do Paraná for drying and conditioning the material and subsequent preparation of the test specimens. The results for the physical properties showed that the timber of *H. dulcis* characterized as medium density (0.55 g/cm^3) and instable to the dimensional variation. Regarding the mechanical properties, the wood shown to have medium resistance to parallel compression of the fibers and static bending resistance; high resistance for shearing and medium resistance Janka hardness. In anatomical characterization tests, the wood was characterized as a short fibers specie, ring porosity and probably low natural durability due to the frequency of rays. For all floor simulation tests, the timber of *H. dulcis* showed superior or similar resistance to exotic species and inferior to native broadleaf species widely used in the manufacture of floors. However, it was classified as low resistance wood for maximum stresses and may be used for light traffic floors or in locations where the loads are low.

Keywords: *Hovenia dulcis*. Wooden floors. Timber properties.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	ÁRVORE DE <i>Hovenia dulcis</i> . a) ASPECTO DA COPA; b) ASPECTO DO TRONCO.....	16
FIGURA 2 -	CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	17
FIGURA 3 -	ESQUEMA DO TRAÇAMENTO DAS TORAS E OBTENÇÃO DOS DISCOS.....	29
FIGURA 4 -	SERRARIA MÓVEL UTILIZADA PARA DESDOBRO DE TORAS DE <i>Hovenia dulcis</i>	29
FIGURA 5 -	MODELO DE DESDOBRO UTILIZADO NO PROCESSAMENTO DE TORAS DE <i>Hovenia dulcis</i>	30
FIGURA 6 -	MODELO DE DESDOBRO UTILIZADO PARA PROCESSAMENTO DE TORAS DE <i>Hovenia dulcis</i>	30
FIGURA 7 -	EQUIPAMENTO PARA ENSIOS DE CARGA ROLANTE EM PEÇAS DE MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	35
FIGURA 8 -	OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA CÁLCULO DE DEPRESSÃO OCACIONADA PELO ENSAIO DE CARGA ROLANTE.....	36
FIGURA 9 -	ASPECTO DO EQUIPAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA O ENSAIO DE ENDENTAÇÕES.....	37
FIGURA 10 -	OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA CÁLCULO DE DEPRESSÃO OCACIONADA PELO ENSAIO DE ENDENTAÇÕES.....	38
FIGURA 11 -	ASPECTO DO EQUIPAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA O ENSAIO DO IMPACTO DE ESFERA DE AÇO CADENTE.....	39
FIGURA 12 -	OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA DETERMINAÇÃO DE DEPRESSÃO OCACIONADA PELO ENSAIO DO IMPACTO DA ESFERA CADENTE.....	40
FIGURA 13 -	EQUIPAMENTO <i>TABER ABRASER</i> UTILIZADO PARA ENSAIO DE ABRASIVIDADE.....	41
FIGURA 14 -	OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA CÁLCULO DE DEPRESSÃO OCACIONADA PELO ENSAIO DE ABRASIVIDADE.....	42
FIGURA 15 -	REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	43

FIGURA 16 - CORTES ANATOMICOS DA <i>Hovenia dulcis</i> . A) POROSIDADE EM ANEL; B) RAIOS COM CÉLULAS HETEROGENIAS; C) RAIOS UNISERRIADOS E MULTISSERIADOS.....	56
FIGURA 17 - RELAÇÃO ENTRE A MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E A DUREZA JANKA DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	62
FIGURA 18 - DEPRESSÃO PROVOCADA PELO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO NA MADEIRA 100% CERNE DA <i>Hovenia dulcis</i> EM DIFERENTES ALTURAS.....	68
FIGURA 19 - DEPRESSÃO PROVOCADA PELO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO NA MADEIRA DE CERNE E ALBURNO DA <i>Hovenia dulcis</i> EM DIFERENTES ALTURAS.....	69

LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1 - VALORES DE DUREZA PARA ESPÉCIES UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE PISOS.....	23
TABELA 2 - PROGRAMA UTILIZADO PARA SECAGEM DE MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i> ADAPTADO POR CINIGLIO (1998).....	31
TABELA 3 - VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E APARENTE A 12% DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	44
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE RETRAÇÃO TOTAL TANGENCIAL, RADIAL, AXIAL, VOLUMÉTRICA E FATOR ANISOTRÓPICO DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	47
TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i> OBTIDAS A 12% DE UMIDADE.....	51
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DAS ESPÉCIES <i>Hovenia dulcis</i> , <i>Eucalyptus grandis</i> , <i>Eucalyptus dunnii</i> , <i>Bagassa guianensis</i> , <i>Hymenaea courbaril</i>	52
TABELA 7 - DUREZA JANKA DA MADEIRA DE ESPÉCIES TROPICAIS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE PISOS.....	54
TABELA 8 - CLASSES DE RESISTÊNCIA E RIGIDEZ PARA MADEIRAS DE DICOTILEDÔNEAS A 12% DE UMIDADE APRESENTADOS PELA NBR 7190 (ABNT, 1997).....	54
TABELA 9 - VALORES CARACTERÍSTICOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	55
TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DOS ELEMENTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	57
TABELA 11 - MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E DUREZA JANKA DA MADEIRA DE CERNE E ALBURNO DA <i>Hovenia dulcis</i>	61
TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DE DEPRESSÃO PROVOCADA PELA CARGA ROLANTE DE 890 N EM MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	63
TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DE ENDENTAÇÃO CAUSADA POR CARGAS APLICADAS EM PEQUENAS ÁREAS NA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	65

TABELA 14 - VALORES MÉDIOS DE DEPRESSÃO PROVOCADA PELA ABRASÃO NA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	67
TABELA 15 - VALORES MÉDIOS DE DEPRESSÃO PROVOCADA PELO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO NA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i> A 1800 MM DE ALTURA.....	69
TABELA 16 - VALORES MÉDIOS DOS COEFICIENTES DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO DA MADEIRA DE <i>Hovenia dulcis</i>	71

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3 REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE <i>Hovenia dulcis</i> THUNB.	16
3.2 PROPRIEDADES DA MADEIRA	18
3.2.1 Propriedades físicas da madeira	18
3.2.1.1 Massa específica básica	18
3.2.1.2 Umidade	20
3.2.1.3 Variação dimensional	20
3.2.2 Propriedades mecânicas	21
3.2.3 Propriedades anatômicas	23
3.3 PISOS DE MADEIRA	24
3.3.1 Tipos de pisos de madeira	26
3.3.2 Ensaio de simulação de piso de madeira em serviço	27
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE COLETA	28
4.2 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E OBTENÇÃO DAS TORAS	28
4.3. DESDOBRIO DAS TORAS	29
4.4 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA	31
4.4.1 Propriedades Físicas	31
4.4.2 Propriedades mecânicas	32
4.4.3 Propriedades anatômicas	33
4.5. ENSAIO DE SIMULAÇÃO DE PISO DE MADEIRA EM SERVIÇO	34
4.5.1 Ensaio de carga rolante	35
4.5.2 Ensaio de endentações	36
4.5.3 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	38
4.5.4 Ensaio de abrasividade	40
4.5.5 Ensaio de atrito estático e dinâmico	42
4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	43

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
5.1 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA	44
5.1.1 Massa específica básica e aparente	44
5.1.2 Retração da madeira	46
5.1.3 Propriedades Mecânicas	50
5.1.4 Propriedades anatômicas	55
5.2 ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE PISO EM SERVIÇO	61
5.2.1 Massa específica básica e dureza Janka	61
5.2.2 Ensaio de carga rolante	63
5.2.3 Ensaio de endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas	65
5.2.4 Ensaio de abrasividade	66
5.2.5 Ensaio da esfera de aço cadente	68
5.2.6 Ensaio de atrito estático e dinâmico	70
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	73
REFERÊNCIAS	75
ANEXOS	83

1 INTRODUÇÃO

Devido à grande demanda por produtos de origem florestal, e a constante preocupação com a pressão sobre as florestas nativas, vê-se a necessidade de pesquisas voltadas para espécies de rápido crescimento que possuam potencial madeireiro para o abastecimento de indústrias de base florestal.

O Brasil possui clima favorável a muitas espécies exóticas e em função disso é um dos países com uma das maiores áreas de florestas plantadas do planeta. A grande maioria das florestas plantadas existentes no Brasil são de espécies exóticas, principalmente dos gêneros *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp. Essas espécies possuem características de interesse que atendem a diversos ramos como construção civil, celulose e papel, energia, indústria moveleira, dormentes, indústrias de pisos de madeira dentre inúmeros outros fins comerciais.

Segundo Selle (2009), no cenário florestal presente, o meio científico tem importante papel a desempenhar, propiciando que sejam realizadas pesquisas com novas espécies para aumentar o restrito grupo sobre o qual se tem domínio, no que diz respeito ao cultivo e a condução dos povoamentos.

Com o intuito de suprir essa necessidade, busca-se alternativas de plantios com espécies não convencionais como é o caso da *Hovenia dulcis* Thunberg, pertencente à família Rhamnaceae, originária do Japão, China e Coreia, vulgarmente conhecida como uva-do-japão (RIGATTO et al., 2001).

A *Hovenia dulcis* Thunberg é uma espécie exótica de grande ocorrência na Argentina, Paraguai e sul do Brasil, principalmente nas regiões de climas Cfa, Cfb e Cwa, de forma isolada ou em pequenos povoamentos. Em estudos feitos sobre a espécie, pode-se verificar seu potencial para os mais diversos usos que atendem a indústria madeireira (CARVALHO, 1994; SELLE, 2009). Porém, por pouco conhecimento de suas propriedades tecnológicas, sua madeira é empregada geralmente como lenha em pequenas propriedades rurais (CARPANEZZI, 2010).

Selle (2009) sugere a *H. dulcis* como uma das espécies que apresentam condições e características desejáveis para o uso industrial, sendo a mesma detentora de madeira com boas características para uso em móveis, pisos, paredes e armações e, no meio rural, na forma de moirões bem como energia devido ao seu potencial energético.

Carvalho (1994) também reforça as boas perspectivas na utilização da espécie em produtos madeireiros, por possuir características físico-mecânicas adequadas, sendo que a indústria madeireira e moveleira da região de Caxias do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, já vem conduzindo plantios em pequena escala obtendo bons resultados.

Portanto, é de grande importância a obtenção de informações mais aprofundadas sobre as características tecnológicas desta espécie, para que se possa classificá-la e destiná-la de forma correta. Assim, a melhor alternativa encontrada é a produção de produtos com maior valor agregado, grupo este em que os pisos se encontram inseridos.

Neste contexto, para que se possa empregar a madeira de *H. dulcis* em larga escala para a produção de pisos, torna-se necessário estudar suas características tecnológicas, seu comportamento em serviço, podendo desta forma estabelecer padrões e propor sua adequada utilização para agregar maior valor ao produto.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa foi determinar as propriedades tecnológicas da madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. visando sua adequação na fabricação de pisos de madeira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Caracterizar as propriedades físicas e mecânicas da madeira;
- b) Avaliar as características anatômicas da madeira;
- c) Avaliar as propriedades específicas da madeira (simulação de pisos de madeira em serviço) para a produção de piso por meio dos ensaios de carga rolante, endentações, impacto da esfera de aço cadente, abrasão e atrito estático e dinâmico.

3 REVISÃO DE LITERATURA

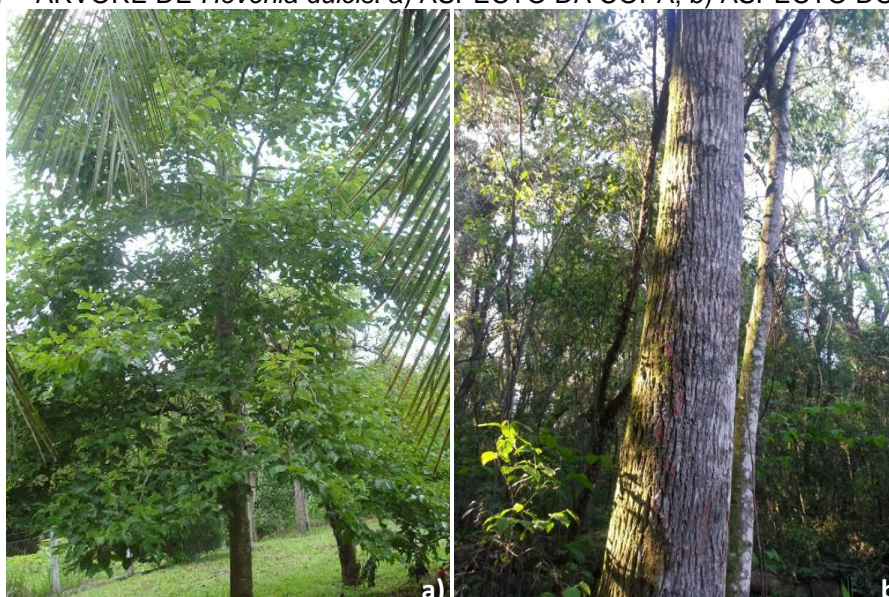
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE *Hovenia dulcis* THUNB.

A *H. dulcis* é uma espécie arbórea, originária da Ásia, nas regiões da China, Japão e Himalaia, pertencente à família Rhamnaceae (LORENZI et al., 2003), sendo encontrada naturalmente nas coordenadas entre 25° e 41° N e 100° e 142° L (RIGATTO et al., 2001).

Popularmente, possui diversas denominações que variam de acordo com cada região, podendo ser reconhecida principalmente como uva-do-japão (PR), banana-do-japão (SC), uva-japonesa (SP), passa-do-japão (MG), tripa-de-galinha (SC) e chiko-magro (SP) (CARVALHO, 1994). O mesmo autor afirma ainda que a uva-do-japão tem característica caducifólia, com ramificação dicotômica, possuindo copa globosa, fuste com casca lisa e pouco fissurada de cor cinza-escura a pardo-escuro, geralmente variando em altura de 10 a 15 m e em diâmetro à altura do peito (DAP) de 20 a 40 cm, sendo que no sul do Brasil estas podem alcançar uma altura de 25 m e DAP de 50 cm.

A via principal de polinização ocorre por abelhas, sendo a floração no Brasil nos meses de agosto a fevereiro, apresentando os frutos maduros de março a outubro. Por se tratar de uma espécie caducifólia a queda das folhas ocorre no período de abril até o final de agosto (INSTITUTO HORUS, 2006) (Figura 1).

FIGURA 1 – ÁRVORE DE *Hovenia dulcis*. a) ASPECTO DA COPA; b) ASPECTO DO TRONCO

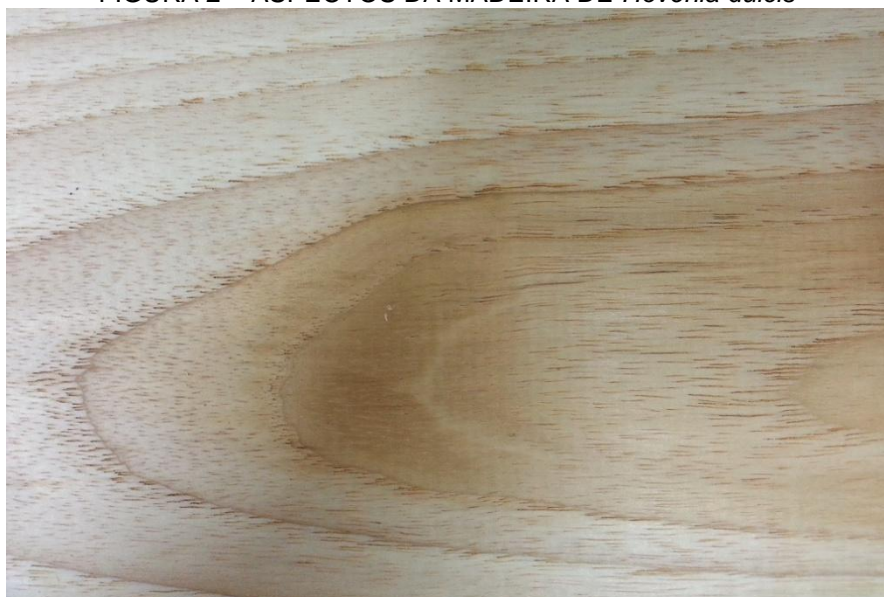


FONTE: Schwirkowski (2015); A autora (2016)

A *H. dulcis* possui fácil regeneração natural e característica pioneira, por isso a espécie é encontrada em várias regiões, como na Floresta Estacional Semidecidual e na Floresta Ombrófila Mista Montana (Floresta com Araucária), nos municípios de Colombo-PR e Irati-PR. Na maioria das vezes, ocorre em clareiras de florestas exploradas. Em relação ao solo, a uva-do-japão apresenta grande plasticidade, crescendo em solos compactos, rasos e pedregosos, excluindo aqueles excessivamente úmidos e também os de baixa fertilidade química (CARVALHO, 1994).

Atualmente, encontram-se pequenos plantios da espécie estabelecidos por mudas ou sementes nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, com climas Cwa, Cfb e Cfa, obtendo-se crescimento médio no Brasil de 30 m³/ha.ano. Sua madeira é considerada moderadamente pesada (de 0,50 a 0,72 g/cm³), inodora, com brilho que varia do opaco ao mediano. O albúrneo exibe coloração amarelada e o cerne varia do amarelo ao castanho-escuro (Figura 2). Seu tronco apresenta-se de forma reta e cilíndrica (Figura 1B), de boa utilização na indústria para a produção de móveis e fabricação de pisos, na construção civil para marcenaria, vigas, caibros, tábuas, assoalho e moirões, sendo usada na fabricação de laminados, além de possuir características físico-mecânicas similares às do louro-pardo (*Cordia trichotoma*) (CARVALHO, 1994; RIGATTO et al., 2001; SELLE et al., 2009).

FIGURA 2 – ASPECTOS DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

3.2 PROPRIEDADES DA MADEIRA

Para a obtenção de produtos de qualidade é de fundamental importância o conhecimento das propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas da madeira. Essas propriedades são fundamentais na definição do uso da madeira para os mais diversos fins, dentre eles a fabricação de pisos de madeira.

Iwakiri (2004) comenta que a necessidade de estudos relacionados ao potencial tecnológico de espécies alternativas para usos múltiplos são de grande importância, podendo contribuir para o aumento da oferta de matéria-prima no setor de indústrias de base florestal.

3.2.1 Propriedades físicas da madeira

3.2.1.1 Massa específica básica

Segundo Shimoyama e Barrichello (1991) e Oliveira; Hellmeister e Tomazello Filho (2005) a massa específica básica da madeira, por ser de fácil determinação e estar relacionada às suas demais características, é considerada como um dos mais importantes parâmetros de avaliação da qualidade da madeira.

A massa específica é um dos principais fatores utilizados na classificação de madeiras estruturais e na seleção de produtos de alta qualidade para serem usados em fundações e outros usos em que a resistência da madeira se torna imprescindível. Isso se deve à grande correlação que existe entre massa específica e resistência mecânica em todas as espécies produtoras de madeira (MITCHELL, s.d.).

Oliveira; Hellmeister e Tomazello Filho (2005) afirmam que a madeira mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade, possui um melhor comportamento nas operações de processamento e reflete maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas.

Para Oliveira (1997), maior massa específica corresponde quase sempre a maiores retrações e resistência mecânica. Desta forma, há alto grau de correlação entre a massa específica e as propriedades mecânicas da madeira.

Quando se trata de madeiras para o emprego na fabricação de pisos, Padilha et al. (2006) assinalam a necessidade de se determinar as suas características físicas, em especial a massa específica básica.

A madeira de *H. dulcis* apresenta massa específica considerada por Carvalho (1994) como sendo moderadamente pesada (0,50 a 0,72 g/cm³). Stillner et al. (1983), em estudo sobre a madeira de *H. dulcis* encontraram valores médios de massa específica básica situando-se entre 0,68 a 0,72 g/cm³. Rigatto et al. (2001), avaliando as características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *H. dulcis*, encontraram valores médios de massa específica básica de 0,55 g/cm³, valor muito próximo aos encontrados pelos autores acima citados. Em estudo realizado por Eleoterio; Pellens e Commanduli (2015) com a madeira de *H. dulcis*, os autores encontraram valor médio de massa específica básica de 0,54 g/cm³.

Oliveira; Hellmeister e Tomazello Filho (2005), em estudo realizado com sete espécies de eucalipto, encontraram valores de massa específica básica para o *E. citriodora*, *E. cloeziana*, *E. paniculata*, *E. tereticornis*, *E. pilulares*, *E. urophylla* e *E. grandis* de 0,73 g/cm³, 0,72 g/cm³, 0,72 g/cm³, 0,66 g/cm³, 0,60 g/cm³, 0,54 g/cm³, 0,49 g/cm³, respectivamente.

Almeida (2013), em pesquisa realizada com sete espécies tropicais largamente utilizadas em fabricação de pisos de madeira, determinou valores médios de massa específica básica para guajuvira (*Patagonula* sp), tauari (*Couratari* sp), amendoim (*Pterogyne nitens*), muiracatiara (*Astronium lecointe*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) de 0,63 g/cm³, 0,67 g/cm³, 0,70 g/cm³, 0,71 g/cm³ e 0,75 g/cm³ respectivamente. Neste estudo, somente o ipê (*Tabebuia* spp) ficou muito acima da média com 0,94 g/cm³.

Motta et al. (2014), estudando as propriedades físicas e anatômicas de quatro espécies, encontraram para a *Hovenia dulcis* valores de massa específica básica variando ente 0,51 a 0,65 g/cm³, sendo classificada como madeira de média massa específica. Resultados semelhantes foram obtidos por Napoli et al. (2013), que analisando quatro espécies para produção de painéis aglomerados, encontraram para a *Hovenia dulcis* variação da massa específica básica de 0,55 a 0,61 g/cm³. Segundo Carvalho (1994), a *Hovenia dulcis* apresenta potencial de uso amplo em função de suas propriedades.

3.2.1.2 Umidade

A determinação do teor de umidade e de sua variação nas árvores ou em peças de madeira é de suma importância na sua utilização e desempenho. Gradientes muito elevados de umidade da madeira se constituem em uma das causas de defeitos de secagem, como os empenamentos e fendilamentos (OLIVEIRA; HELLMEISTER; TOMAZELLO FILHO, 2005), que acabam influenciando diretamente na qualidade final do produto acabado. Para Barrichelo e Brito (1977), a umidade da madeira é uma característica física que desempenha grande influência sobre a sua trabalhabilidade e utilização nos diversos fins.

Desta forma, o controle da umidade da madeira mostra-se de grande importância para se obter um produto final com características desejáveis. Estudar a sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira direciona para a sua correta utilização (BATISTA et al., 2011).

Susin et al. (2014), estudando o comportamento da madeira de *Hovenia dulcis* em dois métodos de secagem, obtiveram um teor de umidade inicial média 108%.

3.2.1.3 Variação dimensional

Conforme Kollmann e Cotê (1968), o coeficiente ou fator anisotrópico é considerado o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira e é definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). Os mesmos autores asseguraram que as variações dimensionais e a anisotropia são características indesejáveis da madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades e exigindo, por isso, técnicas específicas de processamento e utilização. Os autores afirmam que a amplitude da variação dimensional é geralmente maior na madeira de maior massa específica, devido à maior quantidade de madeira por unidade de volume. Moreschi (2010) classifica os fatores anisotrópicos da seguinte forma: 1,2 a 1,5 madeiras consideradas excelentes; 1,6 a 1,9 madeiras consideradas normais e acima de 2,0 madeiras consideradas de baixa qualidade.

Em estudo feito por Rigatto et al. (2001), o fator anisotrópico encontrado para a madeira de *H. dulcis* foi de 1,50, sendo considerada como uma madeira de boa estabilidade.

Susin et al. (2014), em estudo sobre taxa de secagem da madeira de *H. dulcis* em estufa solar e ao ar livre, encontraram fatores anisotrópicos de 1,46 e 1,30 respectivamente, reafirmando que a madeira desta espécie possui boa estabilidade dimensional para uso em produtos que não permitem torções e empenamentos como pisos e móveis.

Em estudo realizado por Silva et al. (2006), o valor médio do fator anisotrópico da madeira de *Eucalyptus grandis* foi de 1,71, com idade de 20 anos. Carvalho et al. (2015), em pesquisa realizada com o *E. grandis* (1,65) e *E. cloeziana* (1,79), encontraram fatores anisotrópicos de 1,65 e 1,79 respectivamente. Nos dois estudos, a madeira de eucalipto foi caracterizada como normal, apresentando maiores valores em relação à madeira de *H. dulcis*.

Almeida (2013), em estudo realizado com sete espécies tropicais, determinou valores médios de fator anisotrópico para guajuvira (*Patagonula* sp), tauari (*Couratari* sp), amendoim (*Pterogyne nitens*), muiracatiara (*Astronium lecointei*), jatobá (*Hymenaea courbaril*) e ipê (*Tabebuia* spp) de 1,71, 1,28, 2,07, 1,95, 2,01 e 1,29 respectivamente. Desta forma, a madeira de tauari e ipê foram consideradas como de excelente estabilidade; a madeira de guajuvira e muiracatiara consideradas normais e a madeira de amendoim e jatobá consideradas de baixa estabilidade, em se tratando de fator anisotrópico.

3.2.2 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas da madeira exprimem o seu comportamento quando expostas à ação de forças externas. Essas propriedades são de grande importância para o uso da madeira como material de construção, principalmente no atendimento das exigências relativas aos esforços na sua utilização estrutural (LIMA et al., 1983).

Segundo Kollmann e Cotê (1968), as propriedades que determinam a resistência da madeira são a resistência à flexão (denominada módulo de ruptura), resistência à compressão, resistência à tração, cisalhamento, dureza, entre outras. As propriedades que determinam a elasticidade da madeira são o módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, plasticidade e resiliência.

Conforme Pinto (2007), o módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são dois parâmetros de grande importância na caracterização

tecnológica da madeira, provendo uma boa aproximação da resistência real do material. O mesmo autor afirma que, por ser um material anisotrópico, a madeira possui propriedades mecânicas independentes nas direções dos eixos ortogonais. Desta forma, suas propriedades diferenciam com a direção da carga em relação aos seus três eixos.

Scanavaca Junior e Garcia (2004) também definem o módulo da ruptura (MOR) e o módulo da elasticidade (MOE) como sendo dois parâmetros de grande importância na caracterização tecnológica da madeira.

Embora o MOE não proporcione informações completas e reais sobre o comportamento da madeira, pode-se concluir que valores altos de MOE indicam alta resistência e baixa capacidade de deformação do material, qualificando-o para fins construtivos (KLOCK, 2000).

Segundo Padilha (2005), a dureza da madeira é um importante índice de qualificação quando se trata de qualidade da madeira para fabricação de pisos.

Carvalho (2007) define a dureza como sendo a resistência que a madeira oferece à penetração de outro corpo. Essa característica é importante em se tratando de trabalhabilidade e na sua utilização para determinados fins. Segundo a mesma autora, os diferentes tipos de madeira apresentam variados graus de dureza.

Diversos métodos são adotados para a determinação da dureza de materiais, como a dureza Janka, dureza Brinell e Chalais-Mendon (KOLLMANN; COTÊ, 1968).

Chimelo (1980) afirmou que a dureza da madeira está correlacionada com a retratibilidade e com a massa específica. Para Tsoumis (1991), esta propriedade está relacionada com a facilidade ou dificuldade de se trabalhar a madeira, sendo muito importante para certos usos como o de madeira para fabricação de pisos.

Embora para alguns autores essa propriedade seja considerada sem aplicação imediata ou direta dos seus resultados, é considerada como de real importância na caracterização mecânica de madeiras, por se tratar de importante parâmetro de comparação entre espécies (ROCHA, 2003).

Padilha (2005) comenta a importância de se levar em consideração as propriedades mecânicas de um piso no momento da escolha da espécie e do tipo de piso que se utilizará. A autora apresenta alguns valores de dureza em espécies que são usualmente utilizadas na fabricação de pisos (TABELA 1).

TABELA 1 – VALORES DE DUREZA JANKA DA MADEIRA PARA ESPÉCIES UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE PISOS

Nome vulgar	Nome científico	Dureza Janka (N)
Ipê	<i>Tabebuia</i> sp	10.806
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp	10.436
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	9.787
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	7.737
Pau marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	6.835
Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	5.687
Bracatinga	<i>Mimosa scabrella</i>	4.971
Carvalho-americano	<i>Quercus alba</i>	4.001

FONTE: Padilha (2005)

Digner (2014), em estudo de caracterização físico-mecânica da madeira de *H. dulcis*, encontrou valor médio para dureza Janka de 4.548,32 N. O valor mostrou-se aproximado ao de algumas espécies utilizadas na produção de pisos de madeira no Brasil.

3.2.3 Propriedades anatômicas

Segundo Siau (1984), a madeira é um material heterogêneo, e sua diversidade química e anatômica se reflete em diversas propriedades físicas, como capilaridade, comportamento quanto à permeabilidade, difusão da água de impregnação e condutividade térmica.

A anatomia estuda diversos tipos de células que compõem o lenho, sua organização, suas funções e características estruturais. O objetivo do estudo é auxiliar na identificação das espécies, conhecer a madeira, apontando sua correta utilização de acordo com as suas características anatômicas, diferenciar lenhos aparentemente idênticos, prever e compreender o seu comportamento (ALVES; MOTTA; OLIVEIRA, 2011).

Almeida (2006) estudou o efeito dos elementos anatômicos na retração de espécies de madeiras de folhosas tropicais e temperadas. Os resultados mostraram que o diâmetro do lume das fibras se mostrou um dos fatores mais importantes para elucidar a estabilidade dimensional das madeiras estudadas. O mesmo autor verificou que a dimensão dos vasos foi o fator que mais influenciou na retratibilidade,

indicando que espécies que possuem elementos de vasos de maiores dimensões apresentaram menor fator de retratibilidade e vice-versa.

Burger e Richter (1991) e Vital (1984) afirmam que, além da descrição anatômica, outras propriedades, como a massa específica básica, são parâmetros que formam a base para estudos tecnológicos, visando estabelecer o seu potencial para diversos usos. A descrição anatômica das madeiras é de fundamental importância para a determinação de seu aproveitamento tecnológico. Essa afirmação está baseada no fato de que as dimensões, as frequências e o arranjo dos elementos anatômicos têm grande influência sobre as propriedades físicas e mecânicas da madeira (OLIVEIRA et al., 2006).

Observando a estrutura anatômica macroscópica da madeira é possível determinar algumas de suas propriedades. Madeiras que possuem vasos grandes e desobstruídos possuem facilidade no tratamento com produtos preservantes de madeira, são mais fáceis de secar, porém, não oferecem bom acabamento com tintas e vernizes, desta forma, não são indicadas, sobretudo para a produção de pisos (CHIMELO, 2007).

3.3 PISOS DE MADEIRA

Silva e Bittencourt (2002) definem o piso como sendo uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve.

Os problemas encontrados no uso da madeira em processos de fabricação de pisos estão relacionados ao conhecimento de como trabalhar corretamente esse material. Há necessidade de conhecer sua estrutura e seus parâmetros de usinagem para entender as relações que proporcionam os bons resultados em qualidade (MARCHELAN et al., 2013).

Segundo Obino (1996), deve-se buscar na madeira que será utilizada para a produção de pisos algumas características de qualidade para obter sucesso na sua colocação no mercado. Essas características são a estabilidade da madeira após a secagem, homogeneidade quanto à cor e a propriedades físico-mecânicas, aptidão para recebimento de acabamentos e boa adaptação às linhas de produtos compostos como pisos engenheirados e pisos estruturados.

A Norma Brasileira NBR 15799:2010 (ABNT, 2010) define os parâmetros de padronização e classificação indispensáveis para a boa qualidade do produto. As especificações gerais da norma determinam que todas as peças, independentes da classe de qualidade, devem ser igualmente resistentes e aplicáveis; os pisos de madeira poderão apresentar grã reversa e variar de cor e tonalidades características conforme a espécie utilizada. Tanto a Norma NBR 15799:2010 (ABNT, 2010) como a Norma NBR 15798 (ABNT, 2010) definem os defeitos de processamento que podem inviabilizar a utilização das peças, como rachaduras no topo, rachaduras internas também conhecidas como “favo de mel”, rachaduras superficiais, empenamentos, colapsos, apodrecimentos, entre outros.

Padilha (2005) comenta que para a escolha de um piso existem vários fatores que devem ser considerados, como a estética, economia, qualidade e segurança. Ainda segundo a autora, por ser aconchegante, o piso de madeira é um dos mais procurados para ambientes de interiores, podendo, no Brasil, ser produzido a partir de vários tipos de madeiras. De acordo com a Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira (ANPM, 2015), no Brasil, as principais espécies de madeiras utilizadas para a fabricação de pisos são: cabreúva-vermelha (*Myrocarpus frondosus*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), pau-amarelo (*Euxilphora paraensis*), cumaru (*Dipterix odorata*), maçaranduba (*Manilkara amazônica*), pau-marfim (*Balfourodendron riedelianum*), goiabão (*Pouteria pachycarpa*), muirapiranga (*Brosimum rubescens*), tatajuba (*Bagassa guianensis*), ipê (*Tabebuia* spp.), muiracatiara (*Astronium lecointei*) e tauari (*Couratari* spp.).

Para Martins et al. (2013), embora haja uma grande diversidade de madeiras tropicais brasileiras disponíveis no mercado, existem poucas espécies que são destinadas para a fabricação de pisos. Essas madeiras apresentam boa qualidade para esse fim, porém sua utilização apresenta como desvantagem a degradação do meio ambiente, por se tratar, geralmente, de extração predatória da madeira. Os autores sugerem que para minimizar esse tipo de extração de espécies nativas, podem-se introduzir no mercado novas espécies potenciais de rápido crescimento.

3.3.1 Tipos de pisos de madeira

São várias as opções relacionadas a modelos e dimensões de pisos de madeira. Os principais pisos disponíveis segundo a Norma Brasileira NBR 15798 (ABNT, 2010) são:

- a) Assoalho: peças com encaixe macho e fêmea em dois ou quatro lados.
- b) Parquet Mosaico: placa formada por várias peças pequenas de madeira, podendo ser instaladas em diferentes direções, formando também desenhos tipo mosaicos.
- c) Taco: peças de dimensões fixas e, geralmente, múltiplas do comprimento em relação à largura.

A Norma Brasileira NBR 5724 (ABNT, 1982) define:

Taco modular de Madeira - taco cujas medidas são determinadas para ocupar um espaço modular.

A ANPM (2015) define ainda outros modelos de pisos de madeira como:

- a) Lamparquet: tacos de dimensões reduzidas. Espessuras variam de 8 a 10 mm; larguras variam de 45 a 60 mm e comprimentos variam de 230 a 300 mm.
- b) Listone: variante da tábua-corrida. Tem acabamento macho e fêmea em quatro lados, para encaixe.
- c) Mini Strip: variante do Listone, porém com dimensões reduzidas. Tem acabamento macho e fêmea em quatro lados, para encaixe, lixado, com cantos adoçados. Espessura de 10 mm; larguras de 60 ou 70 mm e comprimentos de 300 a 900 mm.
- d) Parquetone: são tacos de dimensões médias. Espessuras de 10 mm; larguras variam de 60 a 75 mm e comprimentos variam de 360 a 450 mm.
- e) Piso chanfrado: apresentam as bordas chanfradas.
- f) Piso pré-acabado: piso já envernizado pronto para instalação.
- g) Piso reto: as bordas das peças são retas, com ângulo de 90°.

- h) Piso Rústico: é um tipo de piso composto por peças com superfícies irregulares. O piso fica com uma aparência rústica.
- i) Piso Sem Acabamento: piso que é envernizado após a instalação.
- j) Tábua Corrida: pisos com peças de grandes dimensões. Tem acabamento macho e fêmea em dois lados, para encaixe lateral. Espessura de 20 mm; larguras variam de 70 a 200 mm e comprimentos são acima de 1800 mm.

3.3.2 Ensaio de simulação de piso de madeira em serviço

Para se produzir pisos de boa qualidade, se torna necessária a realização de ensaios que simulem as condições reais dos pisos em serviço (MARTINS et al., 2013). A norma D2394-83 (*American Society for Testing and Materials* - ASTM, 1994) propõe métodos padronizados para simulação de piso de madeira em serviço. Os métodos de ensaio apresentados podem ser usados para comparar diferentes pisos e sua resistência a cargas de serviços severas e pouco severas (PADILHA, 2005). Esta norma contempla os ensaios de cargas aplicadas em pequenas áreas, de carga rolante, da esfera de aço cadente e a determinação dos coeficientes de atrito estático e dinâmico das superfícies dos pisos (ASTM, 1994).

Segundo Padilha (2005), o ensaio de impacto da bola de aço cadente incide em simular o impacto de pequenos objetos sobre o piso de madeira. O ensaio de endentação pelo rolo visa simular o desgaste ocorrido no assoalho, provocado por pequenos objetos pontiagudos que podem aplicar uma carga concentrada numa área muito pequena como, por exemplo, o salto alto de sapato feminino. Outro tipo é o ensaio da carga rolante, que visa obter a medida do dano na superfície do corpo de prova a repetidas forças de rolage, simulando a força aplicada no piso quando se arrastam caixas, pianos, aparelhos ou outros objetos pesados.

A resistência à abrasão e a caracterização física da madeira não são apresentados pela norma D2394-83 (ASTM, 1994) (MARTINS et al., 2013).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE COLETA

As árvores utilizadas nesta pesquisa foram obtidas na floresta Ombrófila Mista localizada no campus da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO, no município de Irati. O município está situado a 25°27'56" de latitude Sul com interseção com o meridiano 50° 37' 51" de longitude Oeste, localizado no estado do Paraná. Possui altitude aproximada de 812 metros, está inserido na sub-região dos pinhais no Segundo Planalto. Possui clima do tipo temperado úmido com verão temperado (Cfb) de acordo com a classificação climática de Köppen, com frequentes ocorrências de geadas no período de inverno (IAPAR, 2014).

4.2 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E OBTENÇÃO DAS TORAS

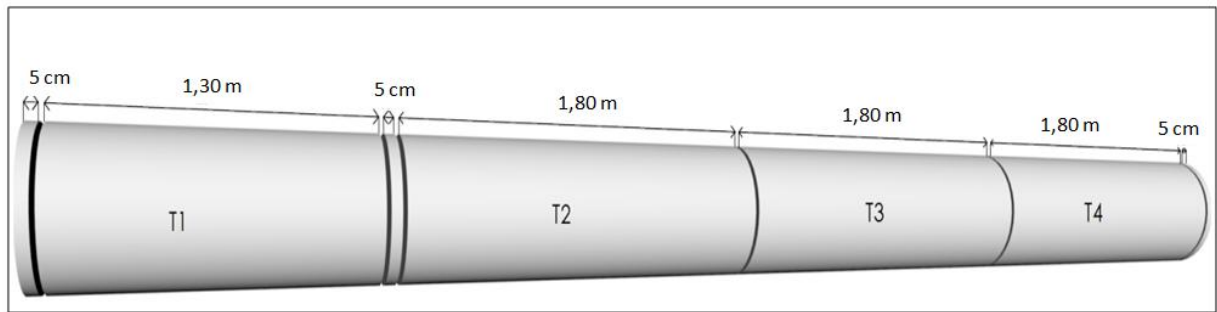
Para a determinação das propriedades tecnológicas da madeira de *H. dulcis*, foram cortadas cinco árvores, escolhidas seletivamente em função da necessidade de indivíduos com fuste reto, em perfeito estado de sanidade e que representam a espécie aleatoriamente.

As árvores selecionadas possuíam idade média de 18 anos, determinada por meio da contagem dos anéis de crescimento, diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 24,9 cm e altura média do fuste comercial de 7,2 m.

Após o corte das árvores, foram retirados três discos de cada uma (base, DAP e topo) com 50 mm de espessura para a determinação da massa específica básica, teor de umidade inicial e propriedades químicas e anatômicas, totalizando 15 discos. Em seguida, foi realizado o traçamento das toras, em que obteve-se 21 toras para o estudo.

As cinco toras da base (T1) foram traçadas com 1,30 m de comprimento para a obtenção de pranchões utilizados na confecção de corpos de prova de propriedades mecânicas e retratibilidade. As 16 toras restantes (T2, T3, T4...T16) foram traçadas com 1,80 metros de comprimento, onde foram obtidas e tábuas para a confecção dos corpos de prova de ensaio para simulação de piso de madeira em serviço (FIGURA 3).

FIGURA 3 – ESQUEMA REPRESENTATIVO DO TRAÇAMENTO DAS TORAS E OBTENÇÃO DOS DISCOS



FONTE: A autora (2016)

4.3 DESDOBRO DAS TORAS

Todas as toras foram desdobradas em uma serraria móvel, provida de serra fita horizontal simples com espessura de 1,1 mm, com fio de corte de 2,3 mm, volantes de 475 mm de diâmetro e motor com potência de 13 cv, onde definiu-se a espessura final das peças (FIGURA 4).

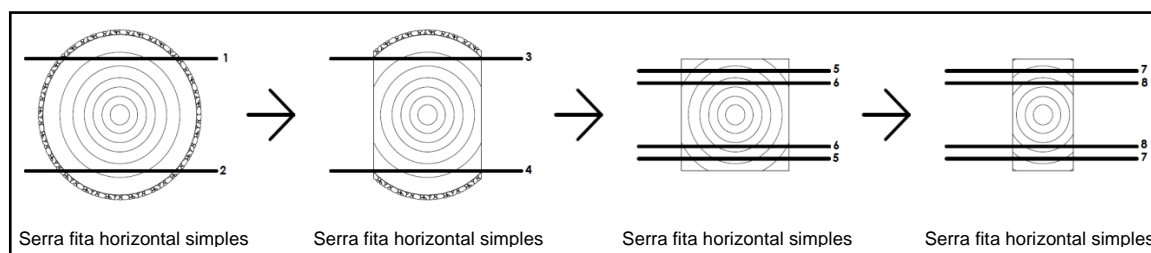
As cinco toras da base foram desdobradas em tábuas de 25 x 1300 mm (espessura x comprimento) e largas variadas, as quais foram aproveitadas para a confecção dos corpos de prova dos ensaios de simulação de piso em serviço e pranchões centralizados de 100 x 100 x 1300 mm, onde primeiramente foram retiradas as costaneiras, formando um bloco e, posteriormente, foram retiradas tábuas e pranchões, como mostra a Figura 5.

FIGURA 4 – SERRARIA MÓVEL UTILIZADA PARA DESDOBRO DE TORAS DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

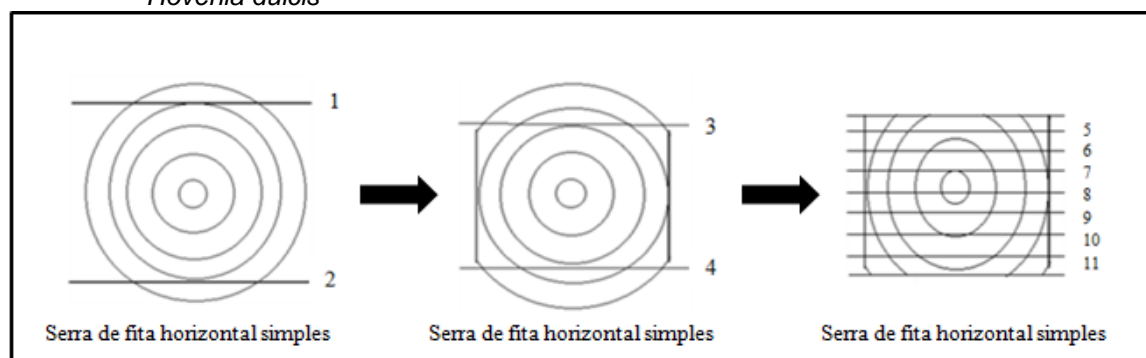
FIGURA 5 - MODELO DE DESDOBRAMENTO UTILIZADO NO PROCESSAMENTO DE TORAS DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

As 16 toras restantes foram desdobradas em 72 tábuas de 25 x 1800 mm (espessura x comprimento) e larguras variadas, utilizando-se do sistema de desdobro tangencial. No desdobro, foram obtidos blocos com a retirada das quatro costaneiras e, em seguida, realizados cortes sequenciais como apresentado na Figura 6.

FIGURA 6 – MODELO DE DESDOBRAMENTO UTILIZADO PARA O PROCESSAMENTO DE TORAS DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

Após o desdobro, as tábuas e pranchões obtidos no processo foram encaminhados para a Universidade Federal do Paraná para secagem em estufa convencional no Laboratório de Secagem da Madeira, acondicionamento em câmara climática e posterior preparação dos corpos de prova. As tábuas foram secas seguindo o programa de secagem adaptado conforme Ciniglio (1998), apresentado na Tabela 2.

TABELA 2 – PROGRAMA UTILIZADO PARA SECAGEM DE MADEIRA DE *Hovenia dulcis*
ADAPTADO POR CINIGLIO (1998)

Umidade da madeira (%)	Temperatura (°C)		Umidade relativa (%)	Umidade equilíbrio	Tempo (horas)	Potencial secagem
	TBS	TBU				
Aquecimento	40	40	100	-	6	-
50	40	39	94	22	-	2,3
45	42	41	90	20	-	2,0
40	45	43	88	18	-	2,2
35	48	46	82	16	-	1,9
30	52	48	79	14	-	2,1
25	54	49	77	12	-	1,9
20	56	48	65	10	-	2,0
16	58	47	54	8	-	2,0
12	60	44	41	6	-	2,0
9	62	41	29	4	-	2,0
Uniformização	62	48	48	7	4	1,0
Condicionamento	60	50	58	8	6	1,0
Resfriamento	45	36	56	9	4	-

Nota: TBS: temperatura bulbo seco; TBU: temperatura bulbo úmido.

4.4 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA

4.4.1 Propriedades Físicas

Os ensaios para a determinação das propriedades físicas da madeira foram realizados no Laboratório de Propriedades da Madeira da UNICENTRO, Campus Irati e no Laboratório de Secagem da Madeira da UFPR.

a) Massa específica básica e aparente a 12% e umidade inicial

Para a determinação da massa específica básica e umidade inicial da madeira de *H. dulcis*, foram utilizados os 15 discos sem a presença de casca, obtidos das cinco árvores (base, DAP e topo da altura comercial). Os mesmos foram cortados em cunhas, sendo selecionadas três cunhas por disco, levando em consideração sua qualidade (sem nós, rachaduras, etc.), totalizando 45 corpos de prova. Em seguida, foram identificados e pesados para obtenção do peso verde.

A determinação da massa específica básica das cunhas foi realizada por meio do método da balança hidrostática, seguindo a Norma ABTCP M14/70. Os discos foram imersos em água e, posteriormente, as cunhas saturadas foram pesadas em balança hidrostática. Em seguida, foram alocadas em estufa a 50 °C e posteriormente a 103°C + ou -2°C para a obtenção do peso seco. Após a obtenção dos dados, foi calculada a massa específica básica da madeira. Para a determinação da massa específica aparente a 12% foi utilizada como base a norma COPANT – 461 (1972). Foram confeccionados 10 corpos de prova por árvore, orientados com dimensões nominais de 25 x 25 x 100 mm, totalizando 50 corpos de prova. Primeiramente, as amostras foram acondicionadas em câmara climática até a estabilização em 12% de umidade e em seguida foram determinados seus pesos e volumes. Após a obtenção dos dados foi calculada a massa específica aparente a 12% de umidade.

b) Retração da madeira

Os corpos de prova para o teste de retração foram obtidos dos pranchões de 100 x 100 x 1800 mm no estado verde. Para cada árvore, foram confeccionados 10 corpos de prova, corretamente orientados com dimensões de 25 x 25 x 100 mm, totalizando 50 corpos de prova. Os mesmos foram identificados e em seguida foram realizadas as medidas das amostras quando a madeira se encontrava no estado saturado a 12% de umidade e a 0% de umidade. A determinação da retração da madeira seguiu as especificações da COPANT – 462 (1972). Após a coleta dos dados, calculou-se as retrações tangencial, radial, axial e volumétrica. Por fim, determinou-se o fator anisotrópico da madeira.

4.4.2 Propriedades mecânicas

Os corpos de prova para determinação das propriedades mecânicas da madeira também foram obtidos dos pranchões de 100 x 100 x 1800 mm, sendo os mesmos desdobrados em peças menores, as quais foram enviadas para o acondicionamento em câmara climática no Laboratório de Tecnologia da Madeira da Universidade Federal do Paraná, até atingir equilíbrio a 12% de umidade.

Após serem estabilizadas, as peças foram enviadas ao Laboratório de Usinagem da Universidade Federal do Paraná, onde foram confeccionados os corpos de prova para a determinação das propriedades mecânicas, sendo os mesmos dimensionados e ensaiados segundo as normas COPANT (*Comisión Panamericana de Normas Técnicas*), COPANT 464/1972 (Compressão paralela às fibras), COPANT 555/1972 (Flexão estática), COPANT 463/1972 (Cisalhamento) e COPANT 465/1972 (Determinação da dureza).

Para cada árvore, foram confeccionados cinco corpos de prova por teste, totalizando 125 corpos de prova. Depois de prontos, os corpos de prova foram encaminhados para os testes de propriedades mecânicas no Laboratório de Tecnologia da madeira da Universidade Federal do Paraná, utilizando-se da Máquina Universal de Ensaio EMIC – DL 30.000. Os resultados médios obtidos para os ensaios são apresentados no Sistema Internacional de Unidades (SI), ou seja, as propriedades de flexão estática, compressão e cisalhamento em MPa (Mega Pascal) e a dureza Janka em N (Newtons).

4.4.3 Propriedades anatômicas

Para a realização do estudo das propriedades anatômicas da madeira, foi selecionada uma cunha do DAP de cada uma das cinco árvores, totalizando cinco cunhas.

De cada cunha, retirou-se três blocos de madeira de 1 cm³ (1 cm x 1 cm x 1 cm), orientados da medula até a região próxima à casca, totalizando 15 amostras. Posteriormente, foram confeccionadas cinco lâminas permanentes por bloco, totalizando 75 lâminas.

Os elementos anatômicos integrantes da madeira foram descritos de acordo com as orientações de IAWA (1989), efetuando-se 25 leituras por árvore das seguintes variáveis: frequência total de raios (unisseriados e multisseriados) existentes em 1000 µm, número de células em altura (raios unisseriados), comprimento e largura (raios unisseriados), número de células em altura e largura (raios multisseriados), comprimento e largura (raios multisseriados), diâmetro menor e maior de poros.

As imagens utilizadas nas avaliações foram obtidas por meio do estereomicroscópio Zeiss Discovery v12, com câmera digital acoplada e as medições necessárias foram efetuadas por meio do software Axio Vision 4.7.

Para a elaboração das lâminas de macerado para análise das fibras (comprimento e largura das fibras e largura do lume), pequenos fragmentos de amostras dos blocos de madeira de 1 cm³ foram retirados e submersos em solução macerante de peróxido de hidrogênio e ácido acético glacial (1:1). O material foi então levado a uma estufa aquecida com temperatura de 60° C por um período de aproximadamente 48 horas. Após o processo, o material foi lavado em água destilada corrente para a retirada de possíveis resíduos químicos e em seguida foi realizada a imersão do mesmo em corante safranina em solução aquosa 1%. O material foi lavado novamente em água destilada corrente para a retirada do excesso de corante e em seguida foram montadas as lâminas não permanentes, adicionando-se o material nas lâminas com água. Por fim, lamínulas foram sobrepostas sobre as lâminas.

Para as avaliações referentes às fibras, foram efetuadas 30 leituras por árvore das variáveis comprimento, largura das fibras e largura do lume.

4.5 ENSAIOS PARA SIMULAÇÃO DE PISOS DE MADEIRA EM SERVIÇO

Para a realização dos ensaios de simulação de piso de madeira em serviço, seguiram-se as recomendações da D2394-83 (ASTM, 1994), tornando-se necessárias algumas modificações no decorrer dos ensaios.

A norma utilizada orienta a forma como deve se executar o ensaio de carga rolante, ensaio de endentações acarretadas por forças aplicadas em pequenas áreas, ensaio de impacto da esfera de aço cadente e ensaio de atrito. Os equipamentos utilizados para a efetivação dos ensaios foram desenvolvidos seguindo os conceitos da norma D2394-83 (ASTM, 1994) pela Universidade Federal de Lavras, onde também foram realizados os testes. A resistência à abrasão não é apresentada pela norma.

4.5.1 Ensaio de carga rolante

Para a realização do ensaio de carga foram utilizados 30 corpos de prova de composição 100% cerne e 30 corpos de prova com composição de cerne e alburno (com diferentes proporções) com dimensões 240 x 115 x 20 mm (comprimento x largura x espessura), totalizando 60 corpos de prova ensaiados. O equipamento utilizado é composto por uma mesa de 1750 x 400 mm (comprimento x largura) que corresponde à deposição de 10 corpos de prova com as medidas citadas acima, colocados em 45° com o eixo axial das fibras em relação à roldana. Também possui uma esteira longitudinal de 1,5 m onde está acoplado um carro que desliza sobre trilhos. Este carro é constituído por três rodas, de forma que apenas uma roda central com carga de 890 N passa sobre o corpo de prova com uma velocidade de 0,06 m.s⁻¹, ocasionando uma depressão contínua nas peças (FIGURA 7).

FIGURA 7 - EQUIPAMENTO PARA ENSAIOS DE CARGA ROLANTE EM PISOS DE MADEIRA DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

O ensaio de carga rolante simula o arraste de objetos no piso de madeira e incide em movimentar o carro do equipamento em cima do corpo de prova por 10, 25 e 50 viagens. A cada bateria, mediu-se a profundidade da depressão com o auxílio de um relógio comparador (0,001 mm), como ilustra a Figura 8. Foram

obtidas três leituras internas e seis leituras externas e determinada a depressão pelas diferenças entre as médias por meio da Equação 1.

$$D = M_{Le} - M_{Li} \quad (1)$$

Em que:

D: Depressão (mm)

M_{Le} : média aritmética das leituras externas (mm)

M_{Li} : média aritmética das leituras internas (mm)

FIGURA 8 - OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA CÁLCULO DE DEPRESSÃO OCASIONADA PELO ENSAIO DE CARGA ROLANTE



FONTE: A autora (2016)

4.5.2 Ensaio de endentações

Para a realização do ensaio de endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas, foram utilizados 45 corpos de prova de composição 100% cerne e 45 corpos de prova com composição de cerne e alburno (com diferentes proporções) com dimensões de 240 x 115 x 15 mm (comprimento x largura x espessura). Os corpos de prova foram ensaiados em ambas as faces, totalizando 180 ensaios. O equipamento utilizado é composto por uma mesa de 1430 x 240 mm (comprimento x largura) que corresponde à deposição de 12 corpos de prova com as medidas citadas acima. Possui também um rolo móvel de 235 x 150 mm (comprimento x diâmetro) que é constituído por 225 dentes de formato cilíndrico com 5 mm de diâmetro (FIGURA 9).

FIGURA 9 – ASPECTO DO EQUIPAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA O ENSAIO DE ENDENTAÇÕES



FONTE: A autora (2016)

O ensaio de endentação simula o esforço causado por cargas aplicadas em pequenas áreas, como o salto de sapatos ou pequenos objetos que exercem cargas concentradas. Para a efetivação do ensaio, nove dentes são apoiados por vez no corpo de prova, conforme a rotação do rolo em velocidade de 0,06 m.s⁻¹, suportando a carga total de 890 N. Foram realizadas 50 e 100 viagens e a cada bateria mediu-se a profundidade de três depressões por corpo de prova (sendo as mesmas para 50 e 100 viagens) com auxílio do relógio comparador (0,001 mm). Foram obtidas quatro medidas externas e uma medida internamente na endentação, como mostra a Figura 10. O valor da endentação foi calculado pela diferença entre a média das medidas externas e a medida interna calculada pela Equação 2.

$$E = M_{Le} - L_i \quad (2)$$

Em que:

E: Endentação (mm)

M_{Le} = média aritmética das leituras externas

L_i = Leitura interna

De acordo com a norma D2394-83 (ASTM, 1994), observa-se o dano provocado de forma qualitativa, ou seja, por meio da classificação do dano, podendo este ser de menor importância, moderado, severo e completo. Porém, para esta

pesquisa, fez-se uma adaptação da norma, medindo-se a profundidade de endentação seguindo a metodologia de Padilha (2005) e Martins (2008).

FIGURA 10 – OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA CÁLCULO DE DEPRESSÃO OCASIONADA PELO ENSAIO DE ENDENTAÇÕES



FONTE: A autora (2016)

4.5.3 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

O equipamento utilizado para este teste é composto por uma torre dividida em 12 alturas, com distância de 150 mm entre cada altura, iniciando a primeira divisão em 150 mm e a última em 1800 mm. Além disso, o equipamento possui uma base fixa onde é apoiado o corpo de prova e uma plataforma móvel onde uma esfera de aço de 51 mm de diâmetro e 535 g é fixada por um eletroímã (FIGURA 11). Para a realização deste ensaio, foram utilizados seis corpos de prova de composição 100% cerne e seis corpos de prova com composição de cerne e alburno (com diferentes proporções), com dimensões de 240 x 140 x 20 mm (comprimento x largura x espessura) para cada altura. Os corpos de prova foram ensaiados em ambas as faces, totalizando 144 ensaios.

FIGURA 11 – ASPECTO DO EQUIPAMENTO E DISPOSIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA O ENSAIO DO IMPACTO DE ESFERA DE AÇO CADENTE



FONTE: A autora (2016)

O ensaio de impacto da esfera de aço cadente simula a queda de objetos no piso de madeira em diversas alturas. Para a efetivação do teste, a esfera de aço é liberada do eletroímã de 12 alturas diferentes sobre o corpo de prova, posicionado na plataforma fixa. Para que isso ocorra, a plataforma móvel é deslocada verticalmente da primeira altura até a última, repetindo-se três vezes a queda na mesma altura. Uma folha de carbono é depositada sobre o corpo de prova para destacar a área de impacto da esfera, auxiliando assim na medição da depressão. As medidas de depressão foram obtidas com o auxílio de um relógio comparador (0,001 mm), medindo-se quatro pontos externos e um ponto interno central de cada depressão, como demonstra a Figura 12. O valor da depressão foi calculado pela diferença entre a média das medidas externas e a medida interna, pela Equação 3.

$$D = M_{Le} - L_i \quad (3)$$

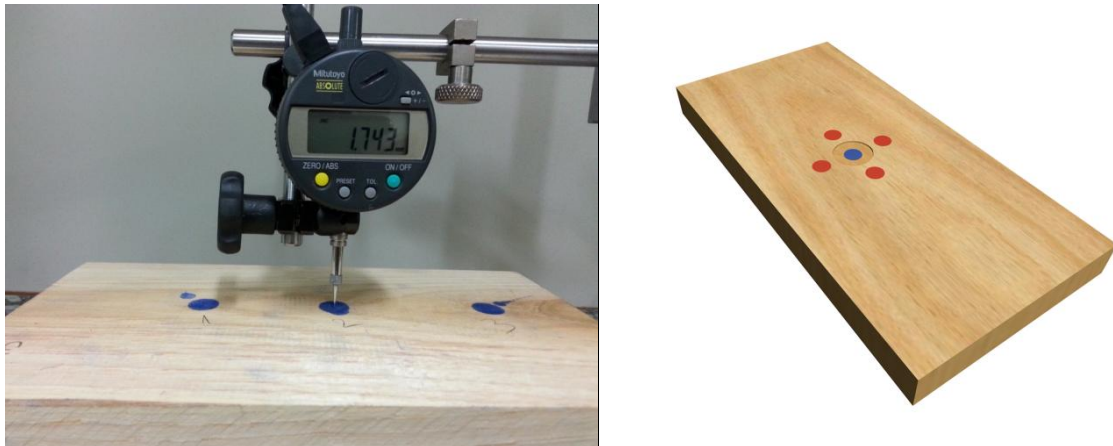
Em que:

M_{Le} : média aritmética das leituras externas (mm)

L_i : leitura interna (mm)

A altura de 1800 mm é indicada pela Norma D2394-83 como índice de qualidade (ASTM, 1994).

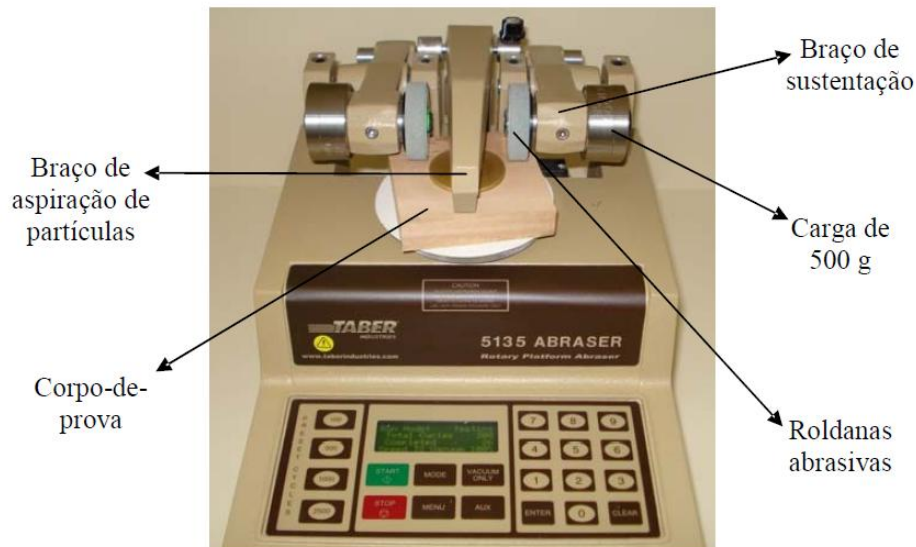
FIGURA 12 – OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA DETERMINAÇÃO DE DEPRESSÃO OCASIONADA PELO ENSAIO DO IMPACTO DA ESFERA CADENTE



FONTE: A autora (2016)

4.5.4 Ensaio de abrasividade

Para a realização deste ensaio foram utilizados 27 corpos de prova de composição 100% cerne e 27 corpos de prova com composição de cerne e alburno (com diferentes proporções), com dimensões de 95 x 95 x 20 mm (comprimento x largura x espessura), totalizando 54 corpos de prova ensaiados. O equipamento *Taber Abraser* modelo 5135, utilizado no ensaio, é composto por braços de sustentação das roldanas abrasivas modelo H-18, braço de aspiração de partículas, cargas de 500 g e plataforma de sustentação para a amostra (FIGURA 13).

FIGURA 13 – EQUIPAMENTO *TABER ABRASER* UTILIZADO PARA ENSAIO DE ABRASIVIDADE

FONTE: Martins (2008)

O ensaio de abrasividade simula a fricção de elementos abrasivos sobre a superfície da madeira e consiste em submeter os corpos de prova a 500 ciclos de rotação das roldanas abrasivas. Após a finalização do ensaio, foram medidos oito pontos na área que sofreu abrasão e oito pontos na área normal do corpo de prova, com auxílio de relógio comparador (0,001 mm), como ilustra a Figura 14. Neste caso, cada leitura feita na área de abrasão estava relacionada à respectiva leitura feita na área normal do corpo de prova.

O valor da depressão foi calculado seguindo a metodologia de Martins (2008), por meio da média aritmética das diferenças entre os pontos internos e externos (Equação 4).

$$D_{abras.} = \frac{(Le_1 - Li_1) + (Le_2 - Li_2) + \dots + (Le_8 - Li_8)}{8} \quad (4)$$

Em que:

$D_{abras.}$: Depressão causada pelo ensaio de abrasividade (mm)

Le_i : Leitura externa (mm)

Li_j : Leitura interna (área de abrasão) (mm)

FIGURA 14 – OBTENÇÃO DAS MEDIDAS PARA CÁLCULO DE DEPRESSÃO OCASIONADA PELO ENSAIO DE ABRASIVIDADE



FONTE: A autora (2016)

4.5.5 Ensaio de atrito estático e dinâmico

Para a realização deste ensaio foram utilizados 35 corpos de prova de composição 100% cerne e 35 corpos de prova com composição de cerne e alburno (com diferentes proporções), de 240 x 140 x 20 mm (comprimento x largura x espessura), totalizando 70 corpos de prova ensaiados. O equipamento utilizado para o ensaio foi a Máquina de ensaio universal EMIC – DL 30.000. O ensaio foi realizado com uso de um artefato de ferro retangular de 11,5 Kg ligado por um cabo de aço à máquina de ensaio. A base deste peso é revestida com um pedaço de couro utilizado na confecção de sola de sapato, com medidas de 102 x 114 mm. O ensaio consiste em simular o atrito causado pelo trânsito de pessoas sobre o piso de madeira, ou seja, a facilidade ou dificuldade em deslizar a sola de sapato na superfície acabada ou sem acabamento. No caso deste estudo a madeira encontrava-se sem acabamento superficial, portanto houve uma adaptação da norma (FIGURA 15).

FIGURA 15 – REALIZAÇÃO DO ENSAIO DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

No decorrer do ensaio, o equipamento registrou a força necessária para a movimentação do artefato de ferro sobre os corpos de prova, em uma velocidade de 1,7 mm/min (atrito estático) e a força média para manter o artefato em movimento, na velocidade de 51 mm/min (atrito dinâmico). Para a determinação do coeficiente de atrito estático dividiu-se a força máxima pela massa do artefato de ferro e para a determinação do coeficiente de atrito dinâmico dividiu-se a força média pela massa do artefato.

4.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para realização das análises estatísticas foram empregados programas estatísticos e planilha eletrônica. Realizaram-se primeiramente testes de normalidade e o teste de homogeneidade das variâncias de Bartlett para, em seguida, dar prosseguimento às análises de variância (ANOVA). Também foi determinado o coeficiente de correlação de Pearson (r) para os fatores massa específica e dureza Janka da madeira e o coeficiente de correlação de Pearson (r) para os fatores altura da queda da esfera de aço e depressão causada pela sua queda.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DA MADEIRA

5.1.1 Massa específica básica e aparente

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de massa específica básica e massa específica aparente a 12% de 0,55 g/cm³ e 0,68 g/cm³, respectivamente.

Segundo o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2015), as madeiras são classificadas como leves (massa específica básica < 0,50 g/cm³), médias (massa específica básica de 0,51 a 0,72 g/cm³) e pesadas (massa específica básica > 0,73 g/cm³). A massa específica da madeira é considerada uma característica de grande importância para espécies que serão utilizadas na fabricação de pisos. As madeiras classificadas como de média massa específica podem ser direcionadas para os mais diversos fins, podendo ser utilizadas na construção civil leve (esquadrias, portas, ripas, rodapés, forros, etc.), mobiliário, embalagens, pisos, etc. (IPT, 2013).

TABELA 3 – VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E APARENTE A 12% DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Massa específica da madeira	Média (g/cm ³)	CV (%)
Massa específica Básica	0,55	7,50
Massa específica aparente 12%	0,68	7,99

Nota: CV: coeficiente de variação.

De acordo com a Tabela 3, observa-se que a madeira de *H. dulcis* apresenta massa específica básica média, o que a classifica como espécie com potencial para usos que requeiram maior resistência mecânica, principalmente, o que lhe proporciona uma boa performance no uso para pisos de madeira.

O valor de massa específica básica determinado nesta pesquisa para a madeira de *H. dulcis* está em conformidade aos encontrados pelos autores que estudaram a mesma espécie, sendo que o valor mínimo de massa específica básica da madeira encontrado foi de 0,52 g/cm³, obtido por Eleoterio; Pellens e Commanduli (2015) sobre variação longitudinal da massa específica básica da

madeira e da casca de *H. dulcis* e o valor máximo encontrado foi de 0,64 g/cm³, por Digner (2014), em pesquisa sobre propriedades físico-mecânicas da madeira de *H. dulcis*. Rigatto et al. (2001), em pesquisa realizada para caracterizar a madeira desta espécie, determinaram o valor médio de massa específica básica de 0,55 g/cm³ enquanto que Motta et al. (2014), caracterizando a madeira de quatro espécies florestais e Napoli et al. (2013), pesquisando as propriedades físicas da madeira e de painéis aglomerados, obtiveram valor médio de massa específica básica para a *H. dulcis* de 0,58 g/cm³.

Em comparação com outras espécies, em estudo realizado por Loiola (2015) com a madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.), o autor obteve valores inferiores, de massa específica básica de 0,47 g/cm³ e massa específica aparente a 12% de 0,56 g/cm³, sendo classificada como madeira de baixa massa específica. Porém, alguns autores afirmam que as propriedades tecnológicas da madeira de teca são desejáveis para a fabricação de produtos de maior valor agregado (PMVA), principalmente pela sua elevada estabilidade dimensional e facilidade em acabamentos (MORENO; ROQUE, 2006; AVELINO, 2012). De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores IBÁ (ANUÁRIO, 2014), a madeira de teca é reconhecida no mundo pela sua utilização em produtos com desígnios decorativos, construção civil de fins nobres, construções navais, assoalhos e *decks*, setor mobiliário, indústria de laminados e adornos em geral. Comparando-se a média de massa específica básica da madeira de *H. dulcis* com o resultado obtido por Loiola (2015), pode-se afirmar que a espécie tem um grande potencial para a utilização no setor madeireiro, principalmente quando se trata de produtos que exigem maior massa específica, como para a fabricação de assoalhos e *decks*.

Outro gênero de grande importância para o setor madeireiro é o *Eucalyptus*, que possui como principal característica o rápido crescimento, sendo uma das alternativas mais importantes na produção de madeira, devido à sua capacidade produtiva, adaptação a diferentes ambientes e, principalmente, pela sua grande diversidade de espécies, desta forma, atendendo a diversos requisitos tecnológicos dos mais variados segmentos da indústria madeireira (ASSIS, 1999), como o setor de celulose e papel, chapas duras, serraria, carvão, dentre outros (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2004).

Scanavaca Junior e Garcia (2004), estudando as propriedades físicas da madeira de *E. urophylla*, encontraram valor médio de massa específica básica de

0,66 g/cm³. Em estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira realizado por Lopes et al. (2011), os autores encontraram valores médios de 0,61 g/cm³ para *E. dunnii*, 0,69 g/cm³ para *E. urophylla* e 0,58 g/cm³ para *E. grandis*. Rocha (2000), estudando *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias, encontrou valores médios de massa específica básica de 0,47 g/cm³ e massa específica aparente a 12% de 0,59 g/cm³ para o *E. grandis* e valores médios de massa específica básica de 0,62 g/cm³ e massa específica aparente a 12% de 0,79 g/cm³ para *E. dunnii*.

De maneira geral, os valores encontrados para o eucalipto caracterizaram a madeira como também sendo de média densidade, porém um dos principais problemas na utilização dos eucaliptos em produtos que utilizam sua madeira sólida são as tensões de crescimento e de secagem, que causam perdas de até 50% em madeira serrada (WATAI, 1990) devido a rachaduras que em alguns casos impossibilitam seu uso.

A madeira de *H. dulcis* também apresentou valores aproximados de massa específica básica (0,55 g/cm³) e aparente a 12% (0,68 g/cm³) a algumas espécies folhosas tropicais catalogadas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (2013) como, por exemplo, o tauari (*Couratari oblongifolia*), com massa específica básica de 0,50 g/cm³ e aparente a 12% de 0,61 g/cm³; a mandioqueira (*Ruizterania albiflora*), com massa específica básica de 0,54 g/cm³; tachi (*Tachigali myrmecophilla*), com massa específica básica de 0,57 g/cm³ e aparente a 12% de 0,67 g/cm³ e o angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum* Ducke), com massa específica básica de 0,59 g/cm³ e aparente a 12% de 0,71 g/cm³. Essas espécies são utilizadas para diversos fins, como postes, estacas, escoras e dormentes ferroviários, peças de madeira serrada na forma de vigas, caibros, pranchas e tábuas utilizadas em estruturas de cobertura, madeira serrada e beneficiada, como forros, painéis, lambris e guarnições (IPT, 2013).

5.1.2 Retração da madeira

A variação dimensional da madeira também se apresenta como um importante parâmetro da madeira para sua aplicação em diversos fins (SILVA;

OLIVEIRA, 2006), principalmente em produtos que necessitam de uma boa estabilidade dimensional, como pisos, forros, móveis e painéis colados.

Oliveira; Tomazello Filho e Fiedler (2010) afirmam que apesar da retração volumétrica expressar a variação total ocorrida na madeira, as retrações lineares que ocorrem nos eixos de orientação da madeira são, na maior parte das vezes, mais importantes por serem diferentes, caracterizando a madeira como material anisotrópico. Principalmente quando se trata da variação dimensional nas direções tangencial e radial, ocorre desequilíbrio entre os valores da retração.

Observa-se na Tabela 4 que a madeira de *H. dulcis* apresentou elevados coeficientes de retração. Os valores médios de retração total encontrados foram de 8,53%; 5,26%; 0,44% e 14,22%, respectivamente nos sentidos tangencial, radial, axial e volumétrico. A média encontrada para o fator anisotrópico foi de 1,66.

TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DE RETRAÇÃO TOTAL TANGENCIAL, RADIAL, AXIAL, VOLUMÉTRICA E FATOR ANISOTRÓPICO DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Retração	Retração total (%)	
	Média (%)	CV (%)
Tangencial	8,53	17,70
Radial	5,26	17,63
Axial	0,44	67,64
Volumétrica	14,22	14,05
Fator anisotrópico	1,66	20,99

Nota: CV: coeficiente de variação.

No estudo de caracterização tecnológica da madeira de *H. dulcis* realizado por Rigatto et al. (2001), os valores médios encontrados foram de 6,5%; 4,2%; 0,3% e 11,9 % nos sentidos tangencial, radial, axial e volumétrico, respectivamente. Motta et al. (2014), em estudo sobre a caracterização da madeira de quatro espécies florestais, obtiveram resultados médios para a *H. dulcis* de 7,68% no 4,36% no sentido tangencial e radial e 11,76% na retração volumétrica máxima. Em pesquisa sobre influência do tratamento térmico nos defeitos de secagem da madeira de *H. dulcis* realizado por Vivian et al. (2011), os valores encontrados para os sentidos tangencial, radial, axial e volumétrico foram de 6,64%; 5,08%; 0,25% e 12,33% respectivamente. Para todos os autores citados, os resultados foram inferiores aos encontrados neste estudo. Segundo Klitzke (2016), madeiras consideradas de alta estabilidade apresentam retração volumétrica menor que 8%, madeiras de média

estabilidade de 8 a 10%, madeiras de baixa estabilidade de 12% a 15% e madeiras acima de 15% são consideradas muito instáveis. Desta forma, pode-se afirmar que a espécie *H. dulcis* possui baixa estabilidade dimensional, pois apresenta retração volumétrica elevada, podendo ser considerada como uma madeira propensa à ocorrência de defeitos durante a secagem, fato este que pode ser considerado negativo para a produção de pisos.

Analisando os resultados médios de retração tangencial, radial e volumétrica para a madeira de *H. dulcis* (8,53%, 5,26% e 14,22%), verifica-se que os mesmos se apresentaram inferiores aos valores encontrados para o gênero *Eucalyptus*, que também é considerado de baixa estabilidade, demonstrando que a *H. dulcis* possui melhor comportamento dimensional.

Carvalho et al. (2015), em estudo sobre variação dimensional da madeira tratada de *E. grandis* e *E. cloeziana*, obtiveram valores no sentido radial de 6,05% e no sentido tangencial de 10,17% para *E. grandis* e 6,44% no sentido radial e 11,32% no sentido tangencial para *E. cloeziana*. Rocha (2000), em pesquisa feita com *E. grandis* e *E. dunni*, encontrou valores médios de retração tangencial, radial e volumétrica para o *E. grandis* de 9,9%, 7,4% e 16,8%, respectivamente, e para o *E. dunni* de 7,9%, 12,15% e 19,25%, respectivamente. Observa-se que para todos os estudos a retração volumétrica apresentou-se bastante elevada, o que caracteriza as espécies de *Eucalyptus* como sendo de alta instabilidade dimensional.

Em estudo realizado por Loiola (2015) com a madeira de teca (*Tectona grandis*), os resultados obtidos pelo autor foram bastante inferiores aos encontrados neste estudo, o que justifica a ampla utilização da madeira de teca, mesmo a espécie possuindo baixa massa específica. Os valores encontrados para a retração tangencial, radial e volumétrica foram de 3,81%, 1,99% e 6,21%, mostrando que a teca possui alta estabilidade dimensional, podendo ser utilizada em produtos que não permitem empenamentos e torções como janelas, móveis, pisos, etc.

Em relação ao resultado de retração axial total, pode-se dizer que tal valor é bastante baixo para a espécie estudada. A retração axial total média foi de 0,44% para o *H. dulcis*, sendo superior quando comparada às médias para *E. grandis* e *E. dunni* estudadas por Rocha (2000) (0,25% e 0,2% respectivamente) e inferior à média encontrada por Loiola (2015) para a teca (0,5%).

Para Durlo e Marchiori (1992), o fator anisotrópico é o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira. Esses fatores servem como

base para uma classificação relacionada à qualidade da madeira para usos que não permitem torções e empenamentos. Os mesmos autores, seguindo os critérios de classificação de Moreschi (2010), classificaram como excelentes (1,2 a 1,5) as madeiras de cedro (*Cedrella fissilis*), sucupira (*Bowdichia* spp.), mogno (*Swietenia macrophylla*) e balsa (*Heliocarpus popayanensis*); normais (1,6 a 1,9) as madeiras de ipê (*Tabebuia* spp.), pinus, araucária (*Araucaria angustifolia*), peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e teca (*Tectona grandis*); ruins (acima de 2,0) as madeiras de imbuia (*Ocotea porosa*), álamo (*Populus tremuloides*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*). Em edificações, pisos, esquadrias, portas e móveis em geral, podem ocorrer sérios prejuízos, chegando até mesmo a inviabilizar o produto final se o mesmo não tiver um fator anisotrópico favorável. Este fator está diretamente ligado à correta secagem da madeira até a sua umidade de equilíbrio. Porém, Rocha (2000) afirmou que o fator anisotrópico por si só não define a madeira como sendo estável. Fatores anisotrópicos de retração baixos, porém com retrações tangencial e radial excessivas, geram a instabilidade dimensional da madeira.

De acordo com a Tabela 4, a média de fator anisotrópico encontrada para a madeira de *H. dulcis* foi de 1,66, caracterizando a madeira como normal. Contudo, para poder afirmar que a madeira possui boa estabilidade, deve-se também levar em consideração os coeficientes de retração tangencial, radial e volumétrica que neste estudo foram considerados elevados, sendo que estes são os principais responsáveis pela instabilidade dimensional das peças.

Rigatto et al. (2001) e Motta et al. (2014), caracterizando a madeira de *H. dulcis*, encontraram fator anisotrópico de 1,50 e 1,77, respectivamente, sendo este resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho.

Observando o valor encontrado para a *H. dulcis* pode-se verificar que os mesmos estão de acordo com valores encontrados para espécies de *Eucalyptus*. Scanavaca e Garcia (2004), estudando o *E. urophylla*, alcançaram um fator anisotrópico de 1,76. Valores próximos a estes foram encontrados para a mesma espécie por diversos pesquisadores (WATAI, 1990; OLIVEIRA, 1997; VITAL; TRUGILHO, 1997). Gonzalez et al. (2007) encontraram para as espécies *E. grandis* e *E. cloeziana* valores de 1,58 e 1,83, respectivamente. Os autores classificaram ambas as espécies como normais. Rocha (2000) encontrou para as espécies de *E. grandis* e *E. dunni* valor médio de fator anisotrópico de 1,35 e 1,55, respectivamente. Todavia, os coeficientes de retração tangencial, radial e volumétrica encontrados

pelos autores também são considerados elevados podendo-se afirmar que o gênero *Eucalyptus* não possui boa estabilidade dimensional.

Oliveira; Tomazello Filho e Fiedler (2010) definem as características de retração da madeira como sendo bastante diferentes variando de espécie para espécie. Isso vai depender do modo de secagem e do comportamento da madeira, o que comumente leva a alterações da forma, formação de rachaduras e empenamentos. Durlo e Marchiori (1992) definem que as variações dimensionais e a anisotropia são características indesejáveis da madeira, podendo limitar o seu uso exigindo técnicas específicas de processamento e utilização. Desta forma, pode-se afirmar que a baixa estabilidade dimensional que a espécie *H. dulcis* apresentou, mesmo que o seu fator anisotrópico tenha classificado a madeira como normal, deve ser procedente da excessiva retração volumétrica apresentada pela mesma, podendo acarretar defeitos no processo de fabricação de pisos de madeira.

5.1.3 Propriedades Mecânicas

Segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), a resistência é a capacidade da matéria de suportar tensões, sendo determinada pela máxima tensão que pode ser aplicada a corpos de prova livres de defeitos até o aparecimento de fenômenos particulares de comportamento além dos quais há restrição de emprego do material em elementos estruturais. De forma geral, estes fenômenos são os de ruptura ou de deformação específica excessiva. Outro fator importante a se levar em consideração é a rigidez dos materiais, que é medida pelo valor médio do módulo de elasticidade, determinado na fase de comportamento elástico-linear.

Na Tabela 5 são observados os valores médios de resistência à compressão paralela às fibras (44,56 MPa), módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão (7.564,94 MPa), resistência à flexão estática (84,83 MPa), módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão (9.382,00 MPa), resistência ao cisalhamento (15,00 MPa) e dureza da madeira na direção perpendicular às fibras (5.901,79 N) da madeira de *H. dulcis*.

TABELA 5 – VALORES MÉDIOS DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis* OBTIDAS A 12% DE UMIDADE

Propriedades		Média	CV (%)
Compressão paralela às fibras	F_{c0} (MPa)	44,56	6,88
	E_{c0} (MPa)	7.564,94	26,81
Flexão estática	F_M (MPa)	84,83	11,10
	E_{M0} (MPa)	9.382,00	16,66
Cisalhamento	F_{v0} (MPa)	15,00	14,49
Dureza Janka	F_H (N)	5.901,79	9,77

Nota: F_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; E_{c0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; F_M = resistência à flexão estática; E_{M0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática; F_{v0} = resistência ao cisalhamento; F_H perpendicular = dureza da madeira na direção perpendicular obtida pelo método Janka. CV: coeficiente de variação (%).

Em pesquisa com a espécie *H. dulcis*, Digner (2014) determinou valores médios de resistência à compressão paralela às fibras (F_{c0}) de 38,84 MPa, módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras (E_{c0}) de 4.281,01 MPa, resistência à flexão estática (F_M) de 81,93 MPa, módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática (E_{M0}) de 10.425,98 MPa, resistência ao cisalhamento (F_{v0}) de 15,04 MPa e dureza da madeira na direção perpendicular obtida pelo método Janka (F_H) de 4.548,32 N. Observa-se que os valores de F_{c0} , F_M , E_{M0} e F_v foram semelhantes ao encontrado neste estudo. Porém, o E_{c0} e o F_H apresentaram-se inferiores.

Para fins de comparação, na Tabela 6 são apresentados os valores médios das propriedades mecânicas e massa específica básica (g/cm^3) da madeira de *H. dulcis* com a espécie *E. grandis*, amplamente utilizada na indústria madeireira, e das espécies folhosas tropicais nativas como a tatajuba (*Bagassa guianensis*), o jatobá (*Hymenaea courbaril*) e o tauari (*Couratari guianensis*), largamente utilizadas na fabricação de pisos de madeira. Esses dados serão utilizados como base para a discussão dos resultados.

TABELA 6 – VALORES MÉDIOS DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DAS ESPÉCIES *Hovenia dulcis*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus dunnii*, *Bagassa guianensis*, *Hymenaea courbaril*

Propriedades	<i>H. dulcis</i>	<i>E. grandis</i>	tauari (<i>Couratari guianensis</i>)	tatajuba (<i>Bagassa guianensis</i>)	Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>)
DB (g/cm ³)	0,55	0,64 ⁷	0,60 ⁶	0,68 ⁶	0,8 ⁵
F _{c0} (MPa)	44,56	55,95 ¹	46,85 ⁶	79,00 ⁴	82,18 ⁵
E _{c0} (MPa)	7.564,94	18.947,00 ¹	-	25.242,00 ⁴	17.691,00 ⁶
F _M (MPa)	84,83	82,94 ²	88,85 ⁶	118,00 ⁴	151,81 ⁵
E _{M0} (MPa)	9.382,00	14.893,00 ²	10.591,50 ⁶	19.968,00 ⁴	14.837,00 ⁶
F _{v0} (MPa)	15,00	11,87 ²	8,55 ⁶	18,00 ⁴	17,5 ⁶
F _H (N)	5.901,79	3.652,48 ³	5.315,0 ⁶	7.217,69 ⁵	11.189,39 ⁵

FONTES: ¹LOBÃO et al. 2008; ²LIMA E GARCIA, 2011; ³XAVIER, 2008; ⁴LAHR, et al.,2010; ⁵ANPM, 2015; ⁶IPT,2015; ⁷NBR 7190/1997

Nota: F_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; E_{c0}= módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; F_M= resistência à flexão estática; E_{M0}= módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática; F_{v0} = resistência ao cisalhamento; F_H perpendicular = dureza da madeira na direção perpendicular obtida pelo método Janka.

Observa-se na Tabela 6 que os valores de resistência à compressão paralela às fibras (F_{c0}) e o módulo de elasticidade obtidos no ensaio de compressão paralela às fibras (E_{c0}) encontrados para a madeira de *H. dulcis* mostraram-se inferiores às espécies *E. grandis*, tatajuba (*Bagassa guianensis*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*) e superior ao tauari (*Couratari guianensis*). A baixa resistência da madeira à compressão paralela às fibras e a baixa elasticidade podem limitar seu uso em produtos que exijam maior resistência a compressão, como vigas de madeira, e influenciar no dimensionamento de colunas. Essa característica está diretamente ligada à massa específica básica da madeira, composição do lenho e sua estrutura anatômica, o que pode justificar essa diferença, já que a *H. dulcis* apresentou menor massa específica e porosidade em anel, podendo também ser uma característica com influência nos resultados.

Para os valores de resistência à flexão estática (F_M) e módulo de elasticidade obtidos no ensaio de flexão estática (E_{M0}), os resultados encontrados para a madeira de *H. dulcis* também foram inferiores aos encontrados para as espécies *E. grandis*, tatajuba (*Bagassa guianensis*) e jatobá (*Hymenaea courbaril*), com exceção do valor de resistência à flexão estática (F_M) da madeira de *E. grandis*,

que foi semelhante ao encontrado nesse estudo. A espécie tauari (*Couratari guianensi*) também se mostrou semelhante à *H. dulcis* em relação à F_M . A baixa resistência da madeira à flexão estática pode limitar seus usos na construção civil para produtos que necessitam de maior resistência à flexão, como pontes e telhados. Da mesma forma que a resistência à compressão, a resistência à flexão pode ter sido influenciada pela menor massa específica da madeira de *H. dulcis*.

Para a resistência ao cisalhamento (F_{V0}), que determina a capacidade da madeira em resistir à ação de forças que tendem a fazer com que uma parte do material deslize sobre a parte adjacente, o valor encontrado para a *H. dulcis* mostrou-se superior ao *E. grandis* e ao tauari (*Couratari guianensi*) e semelhantes à tatajuba (*Bagassa guianensis*) e ao jatobá (*Hymenaea courbaril*), podendo-se afirmar que a madeira de *H. dulcis* possui potencial para a utilização em produtos que demandem maior resistência ao cisalhamento, como peças cavilhadas e encaixadas, muito utilizadas na produção de móveis.

Em relação à dureza Janka da madeira de *H. dulcis* na direção perpendicular às fibras, a espécie mostrou-se superior ao *E. grandis*, semelhante à tatajuba (*Bagassa guianensis*) e ao tauari (*Couratari guianensi*) e inferior ao jatobá (*Hymenaea courbaril*). Na Tabela 7 pode-se observar a classificação de dureza realizada pela Associação Nacional de Pisos de Madeira – ANPM (2015) para as espécies tropicais frequentemente utilizadas na produção de pisos de madeira. Pode-se dizer que o valor encontrado de dureza Janka para a *H. dulcis* foi satisfatório, sendo classificada como madeira de média dureza, consistindo em uma característica de grande importância para definir a qualidade da madeira para a produção de pisos, influenciando diretamente nos ensaios de simulação de piso em serviço, juntamente com sua massa específica básica e estrutura anatômica.

TABELA 7 – DUREZA JANKA DA MADEIRA DE ESPÉCIES TROPICAIS UTILIZADAS NA FABRICAÇÃO DE PISOS

Espécies	Dureza Janka (N)	Classificação
Tauari (<i>Couratari</i> spp.)	3.726,53	Média
Pau-marfim (<i>Balfourodendron riedelianum</i>)	6.835,24	Média
Tatajuba (<i>Bagassa guianensis</i>)	7.217,69	Alta
Pau-amarelo (<i>Euxylophora paraensis</i>)	7.658,99	Alta
Muiracatiara (<i>Astronium lecointei</i>)	7.737,45	Alta
Goiabão (<i>Pouteria pachycarpa</i>)	8.129,71	Alta
Maçaranduba (<i>Manilkara</i> spp.)	9.620,32	Alta
Cumaru (<i>Dipteryx odorata</i>)	9.787,04	Alta
Cabreúva-vermelha	10.140,08	Alta
Ipê (<i>Tabebuia</i> spp.)	10.816,73	Alta
Jatobá (<i>Hymenaea courbaril</i>)	11.189,39	Alta

FONTE: ANPM (2015)

A norma NBR 7190 (ABNT, 1997) estabelece algumas classes de qualidade que estão relacionadas à resistência e massa específica da madeira. A Tabela 8 define as condições mínimas de resistência e rigidez que determinada espécie de madeira folhosa ensaiada deve apresentar para ser enquadrada nas respectivas classes de resistência. Para que se possam comparar os valores determinados para a madeira de *H. dulcis* há necessidade de transformar as resistências médias em resistências características, seguindo NBR 7190 (ABNT, 1997).

TABELA 8 – CLASSES DE RESISTÊNCIA E RIGIDEZ PARA MADEIRAS DE DICOTILEDÔNEAS A 12% DE UMIDADE APRESENTADOS PELA NBR 7190 (ABNT, 1997)

CLASSES	F _{c0} (MPa)	F _v (MPa)	E _{c0} (MPa)	ME _b (g/cm ³)
C 20	20,00	4,00	9.500,00	0,650
C 30	30,00	5,00	14.500,00	0,800
C 40	40,00	6,00	19.500,00	0,950
C 50	50,00	7,00	22.000,00	0,970
C 60	60,00	8,00	24.500,00	0,100

FONTE: NBR 7190 (ABNT, 1997)

Nota: F_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; F_v = resistência ao cisalhamento; E_{c0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; ME_b: Massa específica básica.

Na Tabela 9 são apresentados os valores de resistência e rigidez características da madeira de *H. dulcis*.

TABELA 9 – VALORES CARACTERÍSTICOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Propriedades		Média	CV (%)
Compressão paralela às fibras	F_{c0} (MPa)	31,36	6,88
	E_{c0} (Mpa)	5.324,96	26,81
Flexão estática	F_M (Mpa)	59,71	11,10
	E_{M0} (Mpa)	6.603,92	16,66
Cisalhamento	F_{v0} (Mpa)	8,11	13,90
Dureza Janka	F_H (N)	4.154,27	9,77

Nota: F_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; E_{c0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; F_M = resistência à flexão estática; E_{M0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática; F_{v0} = resistência ao cisalhamento; F_H perpendicular = dureza da madeira na direção perpendicular obtida pelo método Janka. CV: coeficiente de variação (%).

Por meio da qualificação sugerida pela NBR 7190 (ABNT, 1997) na Tabela 8, a madeira de *H. dulcis* encontrou-se dentro da classe C30 para a resistência à compressão paralela às fibras (F_{c0}), o que a classifica como madeira de média resistência à compressão; classe C60 para a resistência ao cisalhamento, reforçando sua qualidade para a utilização na indústria moveleira e abaixo da classe C20 para o módulo de elasticidade, obtido no ensaio de compressão paralela às fibras (E_{c0}) e massa específica básica, demonstrando ter limitações para a utilização em produtos que exijam maior rigidez da madeira. Em relação à resistência e módulo de elasticidade da flexão estática e dureza Janka, a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) não apresenta valores para comparação.

5.1.4 Propriedades anatômicas

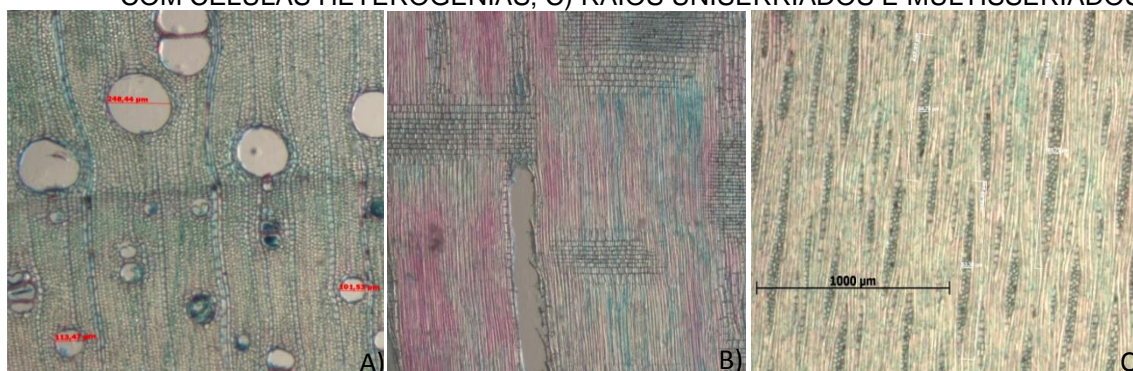
Para Alves et al. (2011), é importante conhecer as propriedades anatômicas da madeira, pois a maior parte das suas propriedades pode ser explicada por meio deste estudo, que também é importante para as adequações da madeira nas mais variadas aplicações industriais.

As propriedades físicas e mecânicas possuem associação expressiva com várias características anatômicas, principalmente aquelas que estão relacionadas às fibras e aos vasos. As suas dimensões podem elucidar a variabilidade da dureza entre as espécies (MOREIRA, 1999).

A caracterização anatômica da espécie *H. dulcis* foi realizada seguindo as definições do Boletim IAWA (1989) e Burger e Richter (1991):

- a) Uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunb.) espécie folhosa;
- b) anéis de crescimento visíveis distintos entre si;
- c) grã direita;
- d) fibras libriformes não septadas curtas;
- e) porosidade em anel;
- f) possui diferença de coloração entre cerne e albúrne;
- g) presença de poros pequenos (menores que 100 μm), médios (entre 100 μm e 200 μm) e grandes (maiores que 200 μm visíveis a olho nu);
- h) diâmetro médio de lume enquadra-se como menor ou igual a 50 μm ;
- i) presença de poros solitários, geminados e alguns múltiplos de três ou mais (FIGURA 16a);
- j) parquênquima axial vasicêntrico escasso (FIGURA 16a);
- k) raios com células heterogêneas: eretas e procumbentes (FIGURA 16b);
- l) presença de raios unisseriados e multisseriados (FIGURA 16c).

FIGURA 16: CORTES ANATÔMICOS DA *Hovenia dulcis*. A) POROSIDADE EM ANEL; B) RAIOS COM CÉLULAS HETEROGENIAS; C) RAIOS UNISERRIADOS E MULTISERRIADOS



FONTE: A autora (2016)

Na Tabela 10, observam-se as médias dos elementos anatômicos da madeira de *H. dulcis* como comprimento, largura total e diâmetro do lume das fibras (1.189,65 μm , 20,75 μm , 12,54 μm respectivamente), diâmetro menor dos vasos e diâmetro maior dos vasos (87,12 μm e 220,71 μm , respectivamente), comprimento e largura dos raios unisseriados (293,58 μm e 27,78 μm , respectivamente), comprimento e largura dos raios multisseriados (492,55 μm e 60,48 μm , respectivamente) e frequência dos raios unisseriados e multisseriados (6 raios/1000 μm).

TABELA 10 – VALORES MÉDIOS DOS ELEMENTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Fibras	Média	CV(%)
Comprimento (µm)	1.189,65	17,16
Largura total (µm)	20,75	11,68
Diâmetro do lume (µm)	12,54	19,83
Vasos	Média	CV(%)
Diâmetro menor dos vasos (µm)	87,12	29,96
Diâmetro maior dos vasos (µm)	220,71	21,27
Raios unisseriados	Média	CV(%)
Comprimento (µm)	293,58	30,40
Largura (µm)	27,78	18,06
Raios Multisseriados	Média	CV(%)
Comprimento (µm)	492,55	30,14
Largura (µm)	60,48	17,73
Freq. dos Raios uni e multisseriados/1000 µm	6	24

Nota: CV: coeficiente de variação.

As fibras constituem os elementos mais importantes na resistência mecânica da madeira de folhosas e também pode influenciar no acabamento da superfície. O comportamento da fibra em relação ao eixo da árvore pode influenciar substancialmente a resistência e acabamento, como por exemplo, a presença de grã reversa que reduz a resistência a esforços de tração e flexão e também pode ocasionar levantamento da fibra no processo de acabamento superficial. O comprimento das fibras também é fator importante que influencia na sua resistência e acabamento superficial. A média geral encontrada para o comprimento das fibras foi de 1.189,65 µm. Rigatto et al. (2001) encontraram valor aproximado (1.200,00 µm) em seu estudo físico, químico e anatômico da madeira de *H. dulcis* e caracterizaram as fibras como sendo curtas.

A madeira de *H. dulcis* apresentou média de comprimentos de fibras maiores quando comparada aos valores médios encontrados em diferentes espécies. Segundo Nisgoski; Muñiz e Klock (1998) a madeira de *E. benthamii* apresenta em média um comprimento de fibras de 818 µm. Alves et al. (2011) encontraram para a mesma espécie uma média de comprimento de 960 µm. Em caracterização anatômica realizada por Brisola e Demarco (2011), as espécies *E. grandis*, *E. urophylla*, e o híbrido *Eucalyptus grandis x urophylla* apresentaram comprimentos de

fibras médios de 1.150,00 µm, 1.120,00 µm e 1.100,00 µm respectivamente. Em estudo feito por Oliveira *et al.* (2006) sobre estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.), os autores encontraram comprimento da fibra de 750,00 µm.

Observando os resultados de comprimento das fibras apresentados na Tabela 10 para a *H. dulcis* em comparação com as outras espécies, é possível afirmar que a espécie pode apresentar maior resistência e melhor acabamento superficial devido a essas características e também devido a sua grã direita.

A Tabela 10 também demonstra os resultados de medições referentes à largura das fibras apresentando uma média geral de 20,75 µm. Os valores mostraram-se semelhantes aos encontrados por Motta *et al.* (2014) em caracterização realizada na madeira da mesma espécie (18,56 µm). Alves *et al.* (2011) obtiveram valores médios de largura das fibras de *E. benthamii* de 17,92 µm. O valor encontrado pelos autores aproxima-se da largura das fibras verificado para a madeira de *H. dulcis*. Outras espécies como *E. grandis*, *E. urophylla* e *Eucalyptus grandis x urophylla* também apresentaram médias de largura semelhantes (19, 18 e 20,00 µm, respectivamente) (BRISOLA; DEMARCO, 2011).

A média geral encontrada para o diâmetro de lume foi de 12,54 µm. Motta *et al.* (2014) estabeleceram para a mesma espécie valor médio inferior de 9,18 µm. Tomazello Filho (1985) determinou valores médios de diâmetro do lume para *E. grandis* de 10,90 µm e para *E. saligna* de 8,14 µm. Brisola e Demarco (2011), encontraram médias para a variável de 9,20 µm, 7,20 µm e 7,80 µm para as espécies *E. grandis*, *E. urophylla* e *Eucalyptus grandis x urophyll*, respectivamente. A média de diâmetro do lume encontrada para a madeira de *H. dulcis* apresentou-se maior em relação aos diferentes gêneros de *Eucalyptus*. Oliveira *et al.* (2006) encontraram diâmetro do lume da *Mimosa tenuiflora* de 5,79 µm; Alves *et al.* (2011), em estudo com a madeira de angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*), obtiveram valor médio de diâmetro do lume de 9,83 µm, também inferiores ao encontrado para *H. dulcis*. O diâmetro do lume está diretamente ligado à massa específica da madeira e a sua permeabilidade, ou seja, quanto maior o diâmetro do lume menor será a massa específica do lenho e maior será sua permeabilidade. Neste caso, é possível que a madeira de *H. dulcis*, em relação às espécies acima citadas, possa apresentar maior facilidade na sua secagem e na aplicação de preservantes da madeira.

Como a espécie *H. dulcis* apresentou porosidade em anel, houve a necessidade de se determinar as médias dos menores e maiores vasos presentes na madeira. As médias encontradas para diâmetro de vasos estão detalhadas na Tabela 10. A média encontrada para a variável de diâmetro menor de vasos foi de 87,12 μm e de diâmetro maior dos vasos foi de 220,71 μm . A média geral entre os diâmetros tangenciais de vasos da madeira de *H. dulcis* foi de 153,92 μm , sendo superior aos valores médios determinados por Nisgoski; Muñiz e Klock (1998) e Alves et al. (2011) de 131 μm e 106,5 μm , respectivamente, para a madeira de *E. benthamii*. Oliveira et al. (2006) encontraram diâmetro médio dos vasos da *Mimosa tenuiflora* de 80,96 μm , inferior ao encontrado para *H. dulcis*. Alves et al. (2011) determinaram para a madeira de angelim-pedra diâmetro médio dos vasos de 250,27 μm , superior ao encontrado neste estudo.

Os vasos constituem pontos fracos, sendo que sua abundância e distribuição reduzem consideravelmente a resistência mecânica da madeira, porém, aumentam a sua permeabilidade. Em relação à madeira de *H. dulcis*, devido ao fato da espécie possuir porosidade em anel, o que irá influenciar é o percentual de lenho primaveril. Quanto maior for o percentual deste lenho na madeira, menor será a área com presença de poros, o que irá lhe conferir maior massa específica, maior resistência mecânica e menor permeabilidade. Portanto, árvores com crescimento mais rápido tendem a ter melhor qualidade da madeira quando se trata de espécies com porosidade em anel. Em se tratando da média do diâmetro dos vasos da madeira de *H. dulcis* (Tabela 10) em comparação com as espécies citadas acima, observa-se que sua média foi maior que as espécies *E. benthamii*, *E. grandis* e *Mimosa tenuiflora*, com isso é possível que, se a madeira de *H. dulcis* possuir menor percentual de lenho primaveril, a mesma poderá apresentar menor resistência mecânica e maior permeabilidade em relação à essas espécies.

Determinando a média entre os valores de comprimentos dos raios unisseriados e multisseriados, obteve-se um valor médio geral de 393,06 μm . Alves et al. (2011) obtiveram média semelhante para a madeira de angelim-pedra (352,90 μm). Nisgoski; Muñiz e Klock (1998) realizaram a determinação do comprimento de raios (unisseriados e bisseriados) observados em *E. benthamii*, obtendo média de 195,00 μm . Oliveira et al. (2006) obtiveram valor médio de comprimento dos raios multisseriados, bisseriados e unisseriados de 100,00 μm para a espécie *Mimosa tenuiflora*, valores inferiores ao encontrada para a *H. dulcis*. De outra forma, Motta et

al. (2014) determinaram para a *H. dulcis* valor médio superior de comprimento dos raios da (913,75 μm).

Referente à largura dos raios unisseriados e multisseriados, foi constatada média de 44,13 μm . Motta et al. (2014) encontraram média superior para tal característica (51,53 μm) para a mesma espécie. Alves et al. (2011) encontraram média semelhante para a madeira de angelim-pedra (43,22 μm). Oliveira et al. (2006) determinaram valor médio inferior da largura dos raios multisseriados, bisseriados e unisseriados (14,15 μm) para a espécie *Mimosa tenuiflora*.

A média geral da frequência de raios encontrados foi de 6 em 1000 μm . Motta et al. (2014) obtiveram, para a *H. dulcis* valor médio de 6,63 raios. Oliveira et al. (2006) obtiveram valor médio de frequência dos raios multisseriados, bisseriados e unisseriados de 6,9 raios para a espécie *Mimosa tenuiflora*. Alves et al. (2011), em estudo com o angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*), determinaram frequência média dos raios de 6,28 raios. Ambos os autores encontraram valores semelhantes ao encontrado neste estudo. Em contraponto, no estudo sobre anatomia da madeira de quatro espécies de *Aspidosperma* comercializadas no estado do Pará, realizado por Reis (2015), os resultados obtidos pelo autor foram superiores com frequência de raios de 12,12 para a carapanaúba (*Aspidosperma carapanauba*), 10,10 raios μm para a araracanga (*Aspidosperma desmanthum*), 14,64 raios para a carapanaúba (*Aspidosperma excelsum*) e 11,64 raios para a peroba (*Aspidosperma spruceanum*).

A grande abundância de tecido parenquimático confere baixa durabilidade natural à madeira, pois é um tecido macio, de fácil penetração e possui conteúdos nutritivos armazenados em suas células (amidos, açúcares, proteínas, etc.) que são atrativos aos organismos xilófagos. Pode-se afirmar que a madeira de *H. dulcis*, embora tenha algumas características de madeira com baixa durabilidade, mostrou-se superior a espécies nativas, em relação à quantidade de raios/1000 μm , o que lhe confere maior durabilidade.

5.2 ENSAIOS DE SIMULAÇÃO DE PISO EM SERVIÇO

5.2.1 Massa específica básica e Dureza Janka

Os resultados a seguir serão discutidos baseando-se nas propriedades da madeira encontradas no presente estudo e o seu comportamento em relação aos de simulação de piso de madeira em serviço.

Na Tabela 11 encontram-se os resultados médios de massa específica básica e dureza Janka da madeira de cerne (0,60 g/cm³ e 6.340,99 N, respectivamente) e alburno separadamente (0,48 g/cm³ e 5.363 N respectivamente). Esses valores serão utilizados para auxiliar na discussão dos resultados dos ensaios de simulação de piso de madeira em serviço, sendo considerados os parâmetros mais importantes para se determinar a qualidade na produção de pisos de madeira. Segundo Padilha (2005), a massa específica básica é um bom prognóstico da resistência da madeira e, para a utilização em pisos, são almejadas madeiras com maior resistência.

TABELA 11 – MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E DUREZA JANKA DA MADEIRA DE CERNE E ALBURNO DE *Hovenia dulcis*

Madeira	Massa específica básica (g/cm ³)	Dureza Janka (N)
Cerne	0,60 (0,01;2,25)	6.340,99 (189,59;3,00)
Alburno	0,48 (0,01;3,08)	5.363,14 (376,58;7,02)
Média geral	0,54	5851,99
F	339,40**	53,79**

Nota: Valores entre parênteses indicam o desvio padrão e coeficiente de variação respectivamente.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Observa-se que tanto a massa específica básica quanto a dureza Janka da madeira de cerne e alburno diferiram significativamente entre si a 1% de probabilidade de erro, tendo a madeira de cerne o melhor desempenho em ambos os testes. Esse resultado já era esperado, haja vista que a madeira de cerne normalmente apresenta maiores valores para as propriedades de resistência.

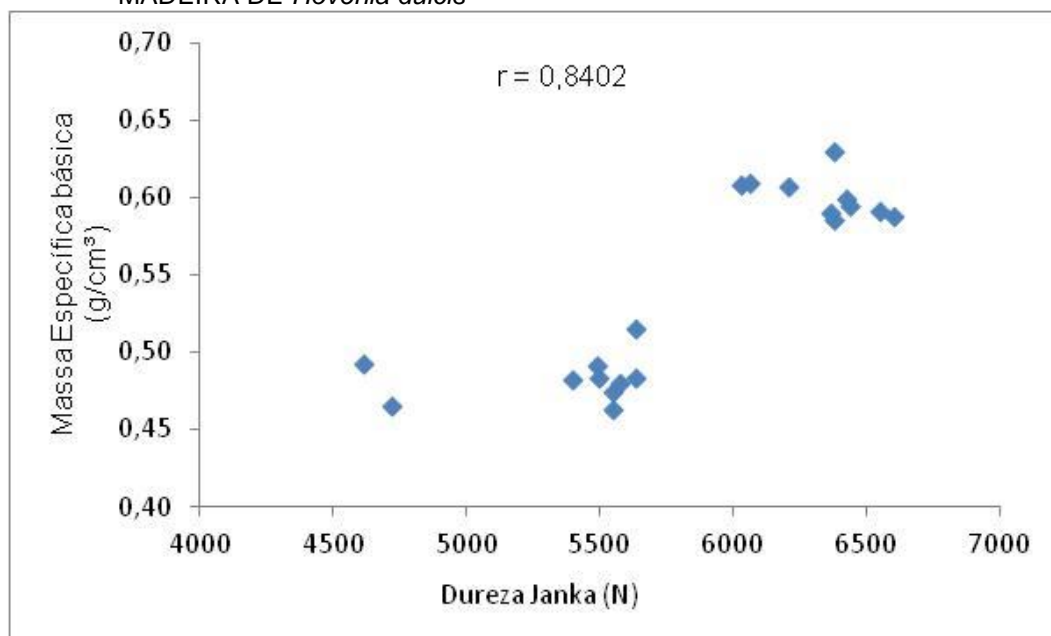
Comparando-se com os dados de massa específica básica apresentados na Tabela 3 (0,55 g/cm³), em que não houve distinção do material, percebe-se que o

alburno apresentou valor inferior ($0,48 \text{ g/cm}^3$) e o cerne valor semelhante ($0,60 \text{ g/cm}^3$). É possível afirmar que a massa específica básica da madeira de cerne ficou próxima à obtida para a espécie em razão da madeira de *H. dulcis* apresentar maior proporção de cerne do que alburno.

Em relação à dureza Janka, quando os valores encontrados para o cerne e o alburno são comparados ao valor apresentado na Tabela 6 ($5.901,79 \text{ N}$), em que não houve distinção do material, observa-se que a madeira de cerne teve um melhor desempenho ($6.340,99 \text{ N}$) e a madeira de alburno valor inferior ($5.363,14 \text{ N}$). Estes resultados já eram esperados, devido à diferença estrutural entre a madeira de cerne e de alburno. Porém, levando-se em consideração a classificação apresentada na Tabela 7, pode-se dizer que tanto a madeira de cerne quanto a madeira de alburno da *H. dulcis* podem ser consideradas como de média dureza.

Na Figura 17 pode-se observar que houve forte correlação entre a massa específica básica e a dureza Janka, ou seja, quanto maior a massa específica básica da madeira, maior a sua dureza, apresentando coeficiente de correlação de Pearson (r) de $0,8402$.

FIGURA 17 – RELAÇÃO ENTRE A MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E A DUREZA JANKA DA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*



FONTE: A autora (2016)

5.2.2 Ensaio de carga rolante

Na Tabela 12 observam-se os valores médios de depressão ocasionados pelo arraste da carga rolante de 890 N na madeira com 100% de cerne após 10, 25 e 50 viagens (0,29 mm, 0,30 mm e 0,41 mm, respectivamente) e na madeira com composição de cerne e alburno após 10, 25 e 50 viagens (0,34mm, 0,44 mm e 0,45 mm, respectivamente).

O desgaste provocado na madeira de *H. dulcis*, testada por meio da força aplicada pela carga rolante, mostrou-se significativo ao nível de 5% de probabilidade entre a composição de 100% cerne e cerne e alburno, em relação às 10 viagens e 25 viagens. Para as 50 viagens não houve diferença significativa entre a composição 100% cerne e cerne e alburno. Pode-se observar, nesse caso, que há uma queda no valor de deformação com o aumento do número de viagens da carga rolante (Tabela 11). Martins et al. (2013) explicam que esse fato é ocasionado pela compactação sofrida pela madeira após contínuas viagens, que acaba por ocasionar maior resistência mecânica.

Porém, para todos os casos, mesmo onde não houve diferença estatística, a madeira com 100% de cerne apresentou melhor desempenho, ou seja, menores depressões. Este resultado provavelmente está relacionado à sua maior massa específica básica e dureza Janka. Para as discussões dos resultados, utilizou-se como parâmetro as médias obtidas para 50 viagens.

É importante reforçar que quanto menor for a depressão ocasionada na madeira maior será sua resistência, ou seja, melhor será seu desempenho em relação a esforços ocasionados no piso de madeira em serviço.

TABELA 12– VALORES MÉDIOS DE DEPRESSÃO PROVOCADA PELA DA CARGA ROLANTE DE 890 N EM MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Pisos	Medidas de depressão (mm)		
	10 viagens	25 viagens	50 Viagens
100% Cerne	0,29 (0,09;31,58)	0,30 (0,04;14,50)	0,41 (0,08;20,07)
Cerne e alburno	0,34 (0,07;21,28)	0,44 (0,06;14,13)	0,45 (0,08;18,88)
Média geral	0,32	0,37	0,43
F	6,17*	103,58*	3,55 ^{ns}

Nota: Valores entre parênteses indicam o desvio padrão e coeficiente de variação respectivamente. *Significativo ao nível de 5% de probabilidade e ns não significativo.

Os valores médios de depressões para a madeira 100% cerne e cerne e alburno determinados para as 50 viagens foram inferiores à média relatada por outros autores. Padilha (2005) obteve valor médio equivalente a 3,29 mm para madeiras de sete clones de *E. grandis* com oito anos de idade. O que pode justificar o melhor desempenho da madeira de *H. dulcis* em relação aos clones de *E. grandis* são os valores médios mais altos de massa específica básica ($0,54 \text{ g/cm}^3$) e de dureza Janka (5.851,00 N) em relação aos encontrados pela autora ($0,53 \text{ g/cm}^3$ e 5.170,00 N) e a diferença de idade entre as espécies. Carmo (1996) encontrou valor médio de 2,24 mm para a madeira de *E. urophylla* após a quinquagésima viagem.

Floréz (2016) em estudo realizado com madeira de teca (*Tectona grandis* L. f.) encontrou valor médio de depressão de 0,44 mm, semelhante ao encontrado para a madeira de *H. dulcis*.

Por outro lado, outros autores obtiveram valores médios inferiores ao encontrado para a *H. dulcis*. Martins et al. (2013) encontraram valores médios de depressão para 50 viagens na madeira de *E. microcorys*, *Corymbia maculata* e *E. cloeziana* de 0,15 mm, 0,13 mm e 0,19 mm respectivamente. Para todas as espécies a média mostrou-se inferior à encontrada para *H. dulcis* (0,43 mm). O que pode justificar o pior desempenho da madeira de *H. dulcis* em relação às espécies *E. microcorys*, *Corymbia maculata* e *E. cloeziana* foi a média mais baixa de massa específica básica ($0,54 \text{ g/cm}^3$) em relação aos encontrados pelo autor ($0,81 \text{ g/cm}^3$, $0,80 \text{ g/cm}^3$ e $0,74 \text{ g/cm}^3$ respectivamente). Oliveira (2016), em pesquisa realizada com as espécies sucupira (*Bowdichia nitida*), cumaru (*Dipteryx odorata*), ipê (*Tabebuia impetiginosa*) e amêndola (*Mimosa scabrella*), encontrou médias de depressão em 50 viagens de 0,21 mm, 0,11 mm, 0,11 mm e 0,46 mm. Neste caso, somente a espécie amêndola apresentou valor semelhante ao da madeira de *H. dulcis*. As demais espécies apresentaram valores inferiores de depressão.

Oliveira (2016) define classes de qualidade para o ensaio de carga rolante em que a classe de qualidade alta possui depressão menor que 0,120 mm, classe de qualidade média possui depressão de 0,121 a 0,300 mm e classe de qualidade baixa possui depressão acima de 0,301 mm. Desta forma, a madeira de *H. dulcis* é classificada como madeira de baixa qualidade no que diz respeito ao seu uso em locais onde ocorre arraste frequente de objetos pesados, como máquinas em empresas e estantes em lojas, apresentando valores superiores de depressão em comparação com espécies amplamente utilizadas na fabricação de pisos.

5.2.3 Ensaio de endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas

Observa-se na Tabela 13 as médias de depressão ocasionadas pela movimentação do rolo endentado na madeira com 100% de cerne após 50 e 100 viagens (0,05 mm e 0,11 mm respectivamente) e na madeira com composição de cerne e alburno após 50 e 100 viagens (0,07mm e 0,14mm respectivamente).

TABELA 13 – VALORES MÉDIOS DE ENDENTAÇÃO CAUSADA POR CARGAS APLICADAS EM PEQUENAS ÁREAS NA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Pisos	Medidas de depressão (mm)	
	50 viagens	100 viagens
100% Cerne	0,05 (0,02;42,90)	0,07 (0,02;27,33)
Cerne e alburno	0,11 (0,04;31,93)	0,14 (0,031;22,30)
Média geral	0,08	0,11
F	252,66**	310,20**

Nota: Valores entre parênteses indicam o desvio padrão e coeficiente de variação respectivamente.

**Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As depressões em pequenas áreas ocasionadas na madeira de *H. dulcis*, testada por meio da força aplicada pelo rolo endentado, apresentaram-se significativas ao nível de 1% de probabilidade entre a composição de 100% cerne e cerne e alburno, em relação as 50 e 100 viagens. Para as discussões dos resultados, utilizou-se como parâmetro as médias obtidas para 100 viagens.

Ainda na Tabela 13, pode-se observar que a madeira de *H. dulcis* com 100% de cerne obteve valores médios inferiores, ou seja, melhor comportamento à aplicação de cargas em pequenas áreas do que os valores encontrados para o cerne e alburno tanto para 50 como para 100 viagens.

Martins (2008) encontrou médias para a madeira de *E. cloeziana*, *C. maculata* e *E. microcorys*, de 0,02 mm, 0,04 mm e 0,05 mm, respectivamente. Neste caso, somente o *E. microcorys* apresentou valor semelhante à composição de 100% cerne (0,07 mm) de *H. dulcis*. As outras duas espécies obtiveram um melhor desempenho tanto em relação à composição 100% cerne como para a composição cerne e alburno. Novamente, podem-se relacionar os melhores resultados obtidos pelo autor devido aos valores maiores de massa específica básica para as espécies acima citadas.

Padilha (2005) obteve valor médio de 0,06 mm para a madeira de sete clones de *E. grandis*, semelhante ao encontrado para a madeira de *H. dulcis* com 100% de cerne (0,07 mm). Porém, os valores encontrados para a composição cerne e alburno foram superiores (0,14 mm) aos encontrados pelos autores, portanto, com menor resistência. Flórez (2016) alcançou valor médio de 0,10 mm para a madeira de teca (*Tectona grandis*), superior à composição 100% cerne (0,07 mm) e inferior à composição cerne e alburno (0,14 mm) da madeira de *H. dulcis*. Na média geral, os valores de depressão são semelhantes.

Oliveira (2016) encontrou para as espécies sucupira (*Bowdichia nitida*) e amendôla (*Mimosa scabrella*) valores médios de depressão de 0,016 e 0,024 mm, inferiores aos encontrados neste estudo. As madeiras das espécies cumaru (*Dipteryx odorata*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) não apresentaram depressões após 100 viagens. Os danos observados pela autora foram apenas ranhuras na película de verniz. Segundo Oliveira (2016), este resultado pode ter ocorrido em razão da dureza dessas madeiras, relacionada as suas densidades de 1,09 e 1,01 g/cm³, respectivamente.

Oliveira (2016) define classes de qualidade para o ensaio de endentações em que a classe de qualidade alta possui depressão menor que 0,005 mm, classe de qualidade média possui depressão de 0,006 a 0,030 mm e classe de qualidade baixa possui depressão acima de 0,031 mm. Desta forma, a madeira de *H. dulcis* é classificada como madeira de baixa qualidade no que diz respeito ao seu uso em ambiente com alto trânsito de objetos pontiagudos.

5.2.4 Ensaio de abrasividade

Segundo Martins (2008), a abrasividade é uma propriedade fundamental para pisos de madeira em geral. Altas resistências à abrasão ocasionam menor desgaste na madeira aumentando sua vida útil.

Observam-se na Tabela 14 as médias de depressão ocasionadas pela abrasão na madeira de *H. dulcis* com 100% de cerne e na madeira com composição de cerne e alburno (0,04 mm e 0,11 mm, respectivamente).

TABELA 14 – VALORES MÉDIOS DE DEPRESSÃO PROVOCADA PELA ABRASÃO NA MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Piso	Medidas de depressão (mm)	
	Média	CV (%)
100% Cerne	0,04	29,79
Cerne e alburno	0,11	52,44
Média geral	0,08	
F	34,42**	

Nota: CV% - coeficiente de variação respectivamente. ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

Os valores obtidos no ensaio de abrasividade apresentaram diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade entre a composição de 100% cerne e cerne e alburno. Novamente, a composição 100% cerne obteve melhor resultado quando comparada à composição cerne e alburno, isso devido ao seu melhor comportamento em relação aos resultados de massa específica básica e dureza Janka (Tabela 11).

Martins et al. (2013) alcançaram valores médios das depressões obtidas pelo ensaio de abrasividade de 0,06 mm para o *E. cloeziana*, de 0,07 mm para o *E. microcorys* e de 0,08 mm para o *C. maculata*. As três espécies estudadas pelo autor apresentaram médias de depressão superiores quando comparadas à madeira de *H. dulcis* na composição 100% cerne. Neste caso, não houve relação entre os valores médios de depressão em função da massa específica básica.

Em se tratando da composição cerne e alburno da madeira de *H. dulcis*, os valores encontrados por Martins et al. (2013) foram inferiores, podendo-se, neste caso, relacionar os melhores resultados aos valores de massa específica básica encontrados pelos autores. Além disso, o que pode ter influenciado o melhor desempenho da madeira das três espécies em relação a essa composição é o percentual de alburno presente nos corpos de prova.

Flórez (2016) encontrou valor médio de 0,10 mm para a madeira de teca (*Tectona grandis*), superior ao valor encontrado para a composição 100% cerne da madeira de *H. dulcis* (0,04 mm) e semelhante a composição cerne e alburno (0,11 mm).

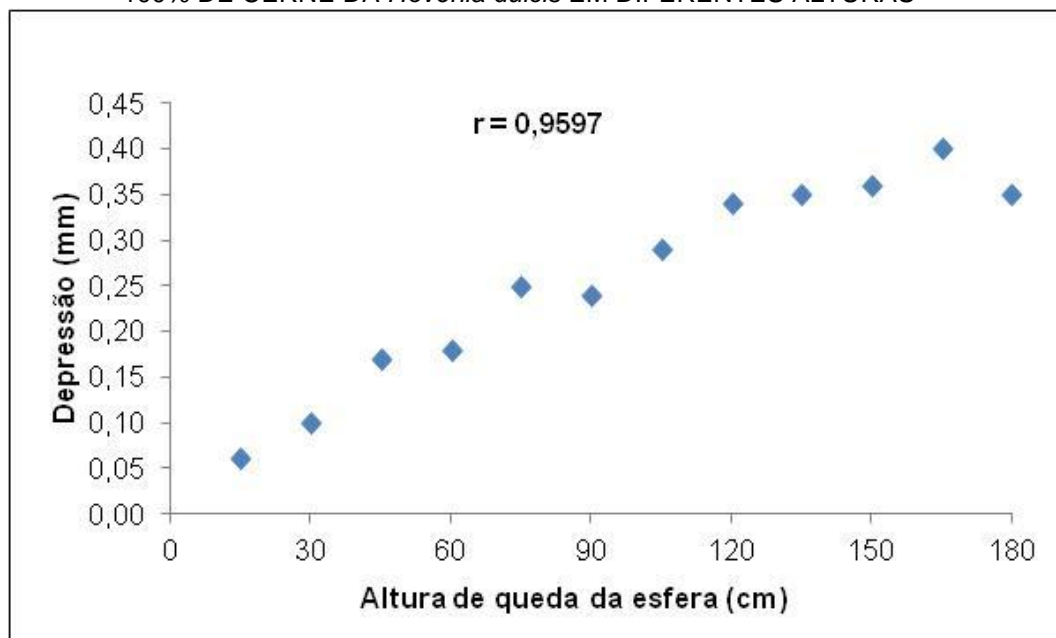
De uma maneira geral, pode-se afirmar que a madeira de *H. dulcis* apresentou bom comportamento em se tratando de abrasividade, podendo ser utilizada em pisos que sofrerão alto índice de trânsito.

5.2.5 Ensaio da esfera de aço cadente

As depressões ocasionadas pela queda da esfera na madeira de *H. dulcis* apresentaram-se significativas ao nível de 1% de probabilidade entre a composição de 100% cerne e cerne e alburno, somente nas alturas 1, 2 e 3 (15, 30 e 45 cm respectivamente), sendo que para a composição de 100% cerne os valores de depressão foram inferiores aos da composição cerne e alburno, reforçando a importância da massa específica e dureza Janka como propriedades que definem a qualidade da madeira e sua resistência. Para as outras alturas estudadas não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade (ANEXO 6).

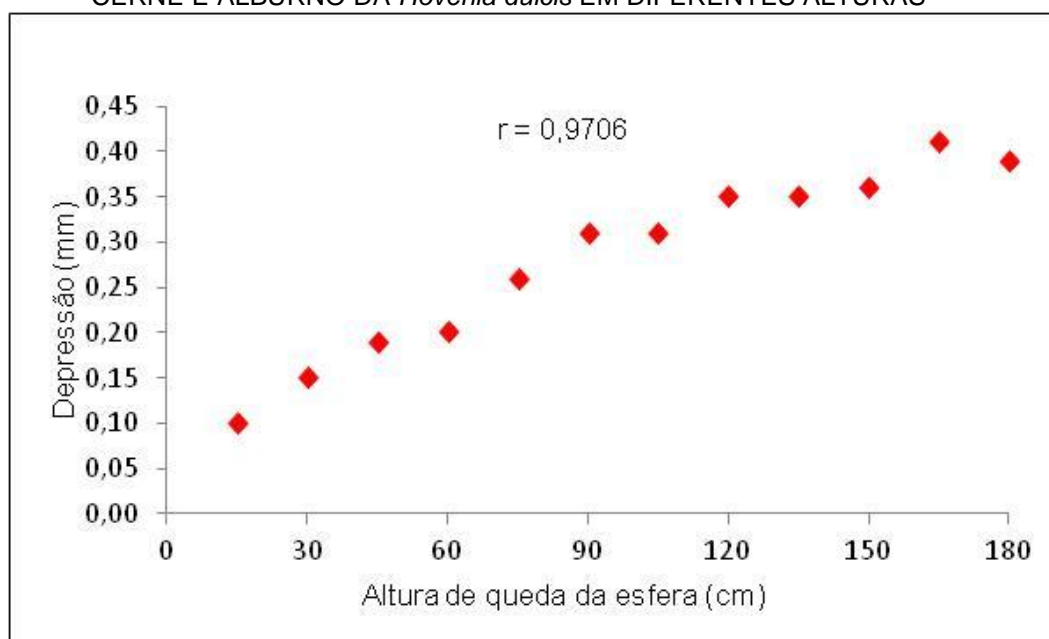
Nas Figuras 18 e 19 pode-se observar que houve forte correlação entre a altura de queda e a depressão ocasionada na madeira com composição 100% cerne e cerne e alburno, ou seja, quanto maior a altura de queda maior foi a depressão, apresentando um coeficiente de correlação de Pearson (r) de 0,9597 e 0,9706 respectivamente.

FIGURA 18 – DEPRESSÃO PROVOCADA PELO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO NA MADEIRA 100% DE CERNE DA *Hovenia dulcis* EM DIFERENTES ALTURAS



FONTE: A autora (2016)

FIGURA 19 – DEPRESSÃO PROVOCADA PELO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO NA MADEIRA DE CERNE E ALBURNO DA *Hovenia dulcis* EM DIFERENTES ALTURAS



FONTE: A autora (2016)

A altura de 1800 mm é indicada pela Norma D2394-83 (ASTM, 1994) como índice de qualidade, portanto, seus valores médios para as composições 100% cerne e cerne e alburno (0,35 mm e 0,39 mm, respectivamente) serão utilizados como parâmetro de comparação com outros estudos. Na Tabela 15 encontram-se as médias das depressões ocasionadas pelo ensaio de impacto da esfera de aço cadente.

TABELA 15 – VALORES MÉDIOS DE DEPRESSÃO PROVOCADA PELO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO EM MADEIRA DE *Hovenia dulcis* A 1800 MM DE ALTURA

Pisos	Depressão (mm)	
	Média	CV (%)
100% Cerne	0,35	15,10
Cerne e alburno	0,39	14,18
Média geral	0,37	
F	3,80 ^{ns}	

Nota: CV% - coeficiente de variação respectivamente. ns não significativo.

Os resultados obtidos para a *H. dulcis* na Tabela 15 mostram-se superiores (0,35 mm para 100% cerne e 0,39 mm para cerne e alburno) aos encontrados por Martins (2008) em madeiras de *C. maculata*, *E. microcorys* e *E. cloeziana* (0,20 mm,

0,24 mm, 0,28 mm). As médias inferiores encontradas pelo autor para as três espécies citadas são justificadas pela maior massa específica de suas madeiras.

Carmo (1996), Padilha (2005) e Flórez (2016) encontraram valores médios superiores aos encontrados no presente estudo. Carmo (1996) obteve valor médio de 0,53 mm para *E. urophylla*. Padilha (2005) encontrou para clones de *E. grandis* valor médio de depressão de 0,46 mm e Flórez (2016) alcançou valor médio de depressão 0,49 mm para a madeira de teca (*Tectona grandis*). As médias superiores encontradas pelos autores podem ser justificadas pelos valores mais baixos de massa específica e dureza Janka.

Oliveira (2016) encontrou valores médios de depressão para sucupira (*Bowdichia nitida*), cumaru (*Dipteryx odorata*), ipê (*Tabebuia impetiginosa*) e amêndola (*Mimosa scabrella*) de 0,26 mm, 0,13 mm, 0,16 mm e 0,36 mm, respectivamente. Somente a amêndola apresentou semelhança com o valor médio encontrado para a madeira de *H. dulcis* (0,37 mm). As outras espécies apresentaram valores inferiores de depressão, ou seja, maior resistência ao ensaio da esfera de aço cadente.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 15, a madeira de *H. dulcis* apresentou resistência à queda de objetos em diferentes alturas semelhante a espécies amplamente utilizadas na fabricação de pisos. Porém, levando em consideração às classes de qualidade determinadas por Oliveira (2016) a madeira de *H. dulcis* é considerada como de baixa resistência e este ensaio.

5.2.6 Ensaio de atrito estático e dinâmico

Segundo Padilha (2005), o ensaio de atrito visa simular o atrito que ocorre entre a madeira e a sola de calçados. Martins (2008) comenta que para a confecção de pisos de madeira (superfícies destinadas a receber o trânsito de pessoas), é necessário obter-se coeficientes de atrito que não caracterizem a superfície da madeira como escorregadia. Esta medida é adotada para prevenir quedas, possibilitando um trânsito mais seguro.

Observam-se na Tabela 16 as médias de coeficientes de atrito estático e atrito dinâmico da madeira de *H. dulcis* com 100% de cerne (0,46 e 0,25, respectivamente) e na madeira com composição de cerne e alburno (0,47 e 0,25, respectivamente). Não houve diferença estatística ao nível de 5% de probabilidade

entre a composição de 100% cerne e cerne e alburno podendo-se observar valores médios muito próximos.

TABELA 16 – VALORES MÉDIOS DOS COEFICIENTES DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO EM MADEIRA DE *Hovenia dulcis*

Pisos	Coeficiente de atrito	
	Atrito Estático	Atrito Dinâmico
100% Cerne	0,46 (0,08;17,42)	0,25 (0,05;21,56)
Cerne e alburno	0,47 (0,06;13,62)	0,25 (0,05;20,89)
Média geral	0,47	0,25
F	0,58 ^{ns}	0,40 ^{ns}

Nota: Valores entre parêntesis indicam o desvio padrão e coeficiente de variação respectivamente. ns não significativo.

Flórez (2016) obteve médias de coeficientes de atrito estático e dinâmico para a madeira de teca sem tratamento superficial de 0,37 e 0,18, respectivamente. Para a madeira de teca tratada superficialmente com *stain* os valores encontrados pela autora foram de 0,46 e 0,30 para atrito estático e dinâmico, respectivamente. A madeira de teca tratada com *stain* apresentou valores superiores aos encontrados para a madeira de *H. dulcis* sem tratamento superficial.

Martins et al. (2013) obtiveram médias de coeficientes de atrito estático para a madeira de *E. cloeziana* de 0,25, *E. microcorys* de 0,28 e *C. maculata* de 0,34. Os valores médios obtidos pelo autor para os coeficientes de atrito dinâmico foram de 0,15, 0,13, e 0,19 para o *E. clöeziana*, *E. microcorys* e *C. maculata* respectivamente. Todos os valores obtidos por Martins et al. (2013) foram inferiores aos encontrados para a *H. dulcis*. Esse fato foi ocasionado pelo diferente acabamento dado nas suas amostras, as quais receberam uma camada de selador e cera incolor. Esses componentes ajudam a deixar a superfície das peças mais lisas e fáceis de transitar.

Padilha (2005), para clones de *E. grandis*, obteve valores médios inferiores para os coeficientes de atrito estático e dinâmico de 0,38 e 0,23, respectivamente. Suas amostras também receberam o mesmo acabamento utilizado por Martins et al. (2013), fato que justifica os coeficientes mais elevados.

Oliveira (2016) definiu classes de qualidade para o atrito dinâmico em que coeficientes maiores que 0,181 são considerados como altos. Neste caso, pode-se afirmar que a madeira de *H. dulcis* possui um alto coeficiente de atrito dinâmico

(0,25) indicando necessitar de maior força necessária para a continuidade do movimento na superfície sem acabamento em relação a espécies que receberam acabamento superficial e também em relação a teca que não recebeu acabamento superficial. Neste caso, há necessidade de realização dos testes com a superfície polida e acabada para melhor comparação dos resultados.

6 CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos na caracterização tecnológica da madeira de *H. dulcis* conclui-se que:

- A madeira de *H. dulcis* caracterizou-se como madeira de média massa específica, semelhante a espécies exóticas e nativas amplamente utilizadas no mercado madeireiro brasileiro;
- Em relação ao coeficiente de anisotropia, a madeira foi considerada como normal. Porém, devido à alta contração volumétrica, pode ser avaliada como madeira de baixa estabilidade, podendo estar sujeita a empenamentos e rachaduras.
- Em relação às propriedades mecânicas, a madeira apresentou resistência média para a compressão paralela às fibras e à flexão estática e alta resistência ao cisalhamento;
- Em relação à dureza Janka foi classificada como madeira de média dureza;
- Como a dureza da madeira é uma propriedade importante para definir a qualidade de pisos, pode-se concluir pelos resultados encontrados que madeira de *H. dulcis* possui potencial para a utilização na fabricação desse produto;
- Com relação às propriedades anatômicas, a madeira de *H. dulcis* foi caracterizada como madeira de fibras curtas, porém, seu comprimento foi maior do que outras espécies exóticas e nativas, desta forma, aumentando sua resistência para utilização em pisos.

Por meio dos resultados obtidos nos ensaios de simulação de piso de madeira em serviço pode-se concluir que:

- Para os ensaios da carga rolante, endentações, abrasão e esfera de aço cadente, a composição da madeira com 100% de cerne obteve melhores resultados em comparação com a composição da madeira de cerne e alburno;

- Para todos os ensaios de simulação de piso em serviço, a madeira de *H. dulcis* apresentou resistência superior ou semelhante a espécies exóticas utilizadas no Brasil para a fabricação de pisos e inferior a espécies folhosas nativas amplamente utilizadas na fabricação de piso.
- De uma forma geral, pode-se concluir que a madeira de *H. dulcis* apresentou baixa resistência para esforços máximos em ensaios de simulação de pisos em serviço seguindo a classificação de qualidade de Oliveira (2016), contudo, pode ser utilizada em pisos para trânsito leve ou em locais em que as cargas são baixas.

Ante as conclusões obtidas, recomendam-se estudos mais aprofundados sobre a qualidade da superfície da madeira de *H. dulcis* e seu potencial para o mercado moveleiro, além de estudos sobre usinagem, acabamento superficial e comportamento na secagem.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. *Influence de la structure du bois sur ses propriétés physico-mécaniques à des teneurs en humidité élevées* [tese]. Québec: Université Laval; 2006.

ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná. CURITIBA, 2013.

ALVES, I. C. N; GOMIDE, J. L; COLODETTE, J. L; SILVA, H. D. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose kraft. **Revista Ciência florestal**. Santa Maria, v.21, n.1, p. 167-174, 2011.

ALVES, R. C.; MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. DA S. **Relação entre a estrutura anatômica e algumas propriedades da madeira de angelim-pedra (*Hymenolobium petraeum*, Leguminosae)**. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2394-83**. Philadelphia, 1994. 608 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **ABCP M14/70**. Densidade básica da madeira.1970.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5724**: Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente. Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15798**: Pisos de Madeira – Terminologia. 10 p., Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15799**: Pisos de Madeira com e sem acabamento - Padronização e classificação. 6 p., Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA MACIÇA – **ANPM**. Madeiras para piso. Disponível em: < <http://www.anpm.org.br/?S=17&L=1>>. Acesso em 30 de outubro. 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA MACIÇA – **ANPM**. Tipos de pisos. Disponível em: < <http://www.anpm.org.br/?S=47&L=1>>. Acesso em 30 de outubro. 2015.

AVELINO, E. F. **Avaliação da madeira de teca jovem (*Tectona grandis* L.f.) visando uso em movelaria.** 2012. 88f. Dissertação (Mestre em Ciências), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ (2014). **Anuário estatístico da IBÁ 2014:** ano base 2013. Brasília: IBÁ, 2014. 100 p.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O. Correlações entre teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero *Pinus*. Piracicaba: **IPEF**, 1977. (IPEF. Circular técnica, 30).

Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr030.pdf>>. Acesso em: 02/10/ 2015.

BATISTA, W. R.; SANTOS, J. E. G.; SEVERO, E. T. D.; KLAR, A. E. Calibração de um equipamento TDR (reflectometria por domínio do tempo) para a determinação da umidade da madeira de *Grevillea robusta* (Cunn.). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 129-145, 2011.

BRISOLA, S. H; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla* e *E. grandis x urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. **Revista Scientia Florestalis**. Piracicaba, v.39, n.91, p. 317-330, 2011.

BARRICHELO, L.E.G. ; BRITO, J.O. Correlação entre as características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: I. Densidade e teor de lignina da madeira de Eucalipto. **IPEF**, n.14, p.9-20,1977.

BURGER, L.M., RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 154p 1991.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, 74p., Viçosa, MG, 1996.

CARPANEZZI, A. A.; NEVES, E. J. M.; AGUIAR, A. V. de; SOUSA, V. A. de. Espécies lenhosas alternativas para fins econômicos no Paraná. In: II Seminário de Atualização Florestal e XI Semana de Estudos Florestais, Embrapa Florestas. **Anais...**Colombo-PR, 2010.

CARVALHO, P.E.R. **Ecologia, silvicultura e usos da uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunberg).** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. 24p. (EMBRAPA-CNPQ. Circular técnica, 23).

CARVALHO, J. D. V. **Utilização da madeira na construção civil.** Dossiê técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB. Julho de 2007.

CARVALHO, D. E.; SANTINI, E. J.; VIVIAN, M. A.; DE FREITAS, D. L.; AZAMBUJA, R. DA R. Variação dimensional da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. **Revista Scientia Agraria Paranaensis** – SAP; Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 3, jul./set., p. 178-182, 2015.

CHIMELO, J. **Anatomia e propriedades gerais da madeira**. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II. Vitória: Aquarius, 2007. p. 107-124.

CHIMELO, J. P. **Development of a probability-based computerized characterization system for identification and for property prediction of selected tropical hardwoods**. Blacksburg, 1980. 206p. Tese (Doutorado Virginia Polytechnic Institute and State University).

CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *E. grandis* e *E. urophylla***. 1998. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola 59 Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 555**: Maderas: método de ensayo de flexión estática. Caracas, 1973.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 460**: Maderas: método de determinación de la humedad. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 461**: Maderas: método de determinación Del peso específico aparente. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 462**: Maderas: método de determinación de la contracción. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 463**: Maderas: método de determinación Del cizallamiento paralelo al grano. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 464**: Maderas: método de determinación de la compresión axil o paralela al grano. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 465**: Maderas: método de determinación de la dureza. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. Maderas: método de determinación de la compresión perpendicular al grano: **COPANT 466**. Caracas, 1972.

DIGNER, T. **Propriedades fisico-mecânicas da madeira de *Hovenia dulcis* Thunberg**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade do Centro-Oeste, Irtati, 2014.

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade**. Santa Maria : CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série técnica, 10).

ELEOTERIO, J. R.; PELLENS, G. C.; COMMANDULI, M. J. Variação longitudinal da massa específica da madeira e da casca de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science) 6(2): 122-128, 2015.

FLÓREZ, J. B. **Comportamento em serviço da madeira jovem de *Tectona grandis* L.f com diferentes acabamentos para uso em ambiente externo.** Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, 109p., Lavras, 2016.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ (2014). **Anuário estatístico da IBÁ 2014: ano base 2013.** Brasília: IBÁ, 2014. 100 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras.** Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 15 out. 2015.

INSTITUTO HÓRUS DE DESENVOLVIMENTO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. **Apresenta artigos sobre conservação ambiental.** Disponível em: <http://www.institutohorus.org.br>. Acesso em: outubro de 2014.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Disponível em: <www.iapar.br> Acesso em: 02/10/2014.

IAWA – International Association of Wood Anatomists. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, v.10, n.3, p.219-332, 1989.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Catálogo de Madeiras brasileiras para a construção civil.** São Paulo, 2013.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J C.; MENESSI, C. H. S. D.; PUEHRINGHER, A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 883-887, 2004.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira juvenil *Pinus maximinoi* H. E. Moore.** 275f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias) Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2000.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology.** Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LAHR, F. A. R.; CHAHUD, E.; MANTESE, A. C.; BARROS JÚNIOR, O.; SOUZA, V. C. T. Propriedades físicas e mecânicas de três espécies provenientes de áreas certificadas da Floresta Amazônica. **Revista Construindo**, Belo Horizonte, v.2, n.2, p.34-37, jul./dez. 2010.

LIMA, J. T. **Influencia do teor da umidade nas propriedades mecânicas de *Eucalyptus saligna* Smith.** 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1983.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Efeito da fertilização em propriedades mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 601-608, jul./set., 2011.

LOBÃO, M. S.; DELLA LÚCIA, R. M.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894, 2004.

LOIOLA, P. L. **Secagem da madeira de teca (*Tectona grandis* L. f) sob diferentes condições**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; PANSINI, A. Estudo da massa específica básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 315-322, abr./jun., 2011.

LORENZI, H., SOUZA, H.M., TORRES, M.A.V., BACHER, L.B., **Árvores Exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003.

MARCHESAN, R.; KASPRZAK, L. F. F.; SCHIRIGATTI, E. L.; KLITZKE, R. J.; ROCHA, M. P. Produção de Lamelas em Serra de Fita Horizontal Múltipla para Fabricação de Piso Engenheirado de Madeira. **Revista Floresta e Ambiente**, 2013; 20(1): p 124-134.

MARTINS, M. **Ensaio de simulação de uso em pisos de *Eucalyptus clóeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, 48p., Lavras, 2008.

MARTINS, M.; SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; GONÇALVES, M. T. T.; FILIPE, A. P. Simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus* sp e *Corymbia maculata*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 151-156, jan./mar. 2013.

MITCHELL, H. L. Development of an adequate concept of wood quality for the guidance of geneticists and forest managers. In: FIFTH WORLD FORESTRY CONGRESS PROCEEDINGS. **Anais...** s.d.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, 107p. Viçosa, 1999.

MORESCHI, J.C. **Propriedades Tecnológicas da Madeira**. 3º edição. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UTFPR. 177p. Fevereiro, 2010.

MORENO, J. R.; ROQUE, R. M. **Propiedades físico-mecánicas de la madera de *Tectona grandis* Linn. F. (teca), proveniente de una plantación de ocho años de edad em Cochabamba, Bolivia.** Kurú Revista Forestal, San José, v. 3, n. 9, p. 1-14, 2006.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; BRAZ R. L.; DUARTE, A. P. C.; ALVES, R. C. Caracterização da madeira de quatro espécies florestais. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.12, p.2186-2192, dez, 2014.

NAPOLI, L. M.; SANCHES, F. L.; IWAKIRI, S.; HILLIG, E. Propriedades físicas da madeira e de painéis aglomerados produzidos com misturas de espécies florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 43, n. 3, p. 475 - 484, jul. / set. 2013.

NISGOSKI, S; MUÑIZ, G. I. B; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Revista Ciência Florestal**. Santa Maria, v.8, n.1, p. 67-76, 1998.

OBINO, C. R. Usos da madeira de eucalipto. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: IPEF, 1996. v. 4, p. 27-29.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** 429p., 2v., Tese (Doutorado, Escola Politécnica) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v.29, n.1, p.115-127. Viçosa-MG, 2005.

OLIVEIRA, E.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; LUCIA, R. M. D.; LADEIRA, A. M. M.; CARNEIRO, A. C. Estrutura anatômica da madeira e qualidade do carvão de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. **Revista Árvore**, v. 30, n. 2, p. 311-318. Viçosa-MG, 2006.

OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.929-936, Viçosa-MG, 2010.

OLIVEIRA, M. B. **Avaliação da qualidade de pisos comerciais confeccionados com madeiras de *Bowdichia nitida* Benth (Spr.), *Dipterxy odorata* (aubl.) Willd, *Mimosa scabrella* Benth e *Tabebuia impetiginosa*.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, 57p., Lavras, 2016.

PADILHA, C. **Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* sp para utilização em pisos.** 71 p. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavra, Lavras, 2005.

PADILHA, C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Revista Scientia Forestalis**, n. 71, p. 141-147, agosto 2006.

PINTO, M. DE L. **Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

REIS, A. R. S. Anatomia da madeira de quatro espécies de *Aspidosperma* Mart. & Zucc. Comercializadas no estado do Pará, Brasil. **Revista Ciência da Madeira** (Brazilian Journal of Wood Science), v. 6, n. 1, p. 47 – 62, 2015.

RIGATTO, P.A; PEREIRA, J.C.D; MATTOS, P.P; SCHAITZA, E.G. **Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de *Hovenia dulcis*. Comunicado Técnico 66**, Embrapa Florestas, Colombo-PR, 2001. 4p.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias**. 2000. 157 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. **Técnicas de planejamento em serrarias**. Série Didática FUPEF, Curitiba, n. 02/01, 121 p., 2002.

ROCHA R. R. **Avaliação não-destrutiva de madeiras para dormentes ferroviários**. Dissertação (Mestrado). Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista; 2003.

SCANAVACA JUNIOR, L. GARCIA, L. J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Revista Scientia Forestalis**, n. 65, p. 120-129, jun. 2004.

SCHWIRKOWSKI, P. ***Hovenia Dulcis* Thunberg**. Altura 640 pixels. Largura 480 pixels. 96 dpi. 24 bits. 212 Kb. Formato JEPEG (JPG). Disponível em: Acesso em 21/11/2015.

SELLE, G.L., FLEIG, F.D., VUADEN, E., ALBERNARD, L. A. J., BRAZ, E. M. Índices de sítios para *Hovenia dulcis* Thunberg na região central do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 407-423, jul./set. 2009.

SIAU, J. F. **Transport processes in wood**. Berlin: Springer-Verlag, 1984. 245p.

SILVA, F. D.; BITTENCOURT, R. M. Estudo do desgaste à abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante laminado utilizados como elemento de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2002.

SILVA, J. de C.; OLIVEIRA, J. T. S.; XAVIER, B. A.; CASTRO, V. R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.803-810, Viçosa-MG, 2006.

SHIMOYAMA, V. R. S.; BARRICHELLO, L. E. G. Influência de características anatômicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* spp. In: CONGRESSO ANUAL DE CELULOSE E PAPEL, 24., 1991, São Paulo. **Anais ...** São Paulo: ABTCP, 1991. p. 178-183.

STILLNER, F.J.; AMARAL, H.R.B.; PEDROSO, O.; TREVISAN, R. Estudo sobre a madeira da uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunb.). **Roessleria**, Porto Alegre, v.5, n.2, p.361-370, 1983.

SUSIN, F.; SANTINI, E. J.; STANGERLIN, D. M.; MORAIS, W. W. C.; MELO, R. R. Taxa de Secagem e Qualidade da Madeira Serrada de *Hovenia dulcis* Submetida a Dois Métodos de Secagem. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 21(2), p.243-250, abr./jun., 2014.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica de *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n.29, p. 37-45, 1985.

TSOUMIS, G. **Science and Technology of wood. Structure, Properties, Utilization**. Van Nostrand Reinhold. Nova Iorque, 1991.

VITAL, B. R. Métodos de determinação da densidade da madeira. Viçosa, MG: SIF, 1984. 21 p. (**Boletim Técnico 1**).

VIVIAN, M. A.; MODES, K. S.; BELTRAME, R.; SOUZA, J. T.; STANGERLIN, D. M.; MORAIS, W. W. C.; SANTINI, E. J. Influência do tratamento térmico nos defeitos de secagem da madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. **Revista Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 02, n. 01, p. 15-28, Maio de 2011.

VITAL, B. R.; TRUGILHO, P. F. Variação dimensional e uso da madeira de eucalyptus. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.186, p.57-61, 1997.

XAVIER, R. B. L. **Avaliação da dureza janka, densidade e estabilidade de quatro espécies de *Eucalyptus* implantadas no Estado do Rio de Janeiro**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, dezembro, 2008.

WATAI, L.T. Substituição de espécies de madeiras nativas por madeiras de reflorestamento. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos de Jordão, 1990. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. v.1, p.131-133

ANEXOS

ANEXO 1 -	ANÁLISE ESTATÍSTICA DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E DUREZA JANKA.....	84
ANEXO 2 -	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DE CARGA ROLANTE.....	84
ANEXO 3 -	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DE ENDENTAÇÕES CAUSADAS POR CARGAS APLICADAS EM PEQUENAS ÁREAS.....	85
ANEXO 4 -	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DE ABRASIVIDADE.....	86
ANEXO 5 -	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DA ESFERA DE AÇO CADENTE.....	86
ANEXO 6 -	ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DA ESFERA DE AÇO CADENTE ENSAIO DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO.....	89

ANEXO 1 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E DUREZA JANKA

Análise de variância para a Massa específica Básica da madeira

Densidade básica					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,06863	0,06863	339,4039**	0,0001
Resíduos	18	0,00364	0,0002		
Total	19				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para a Dureza Janka da madeira

Dureza Janka					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	4780958,00	4780958,00	53,7906**	0,0001
Resíduos	18	1599857,13	88880,95		
Total	19	6380815,13			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

ANEXO 2 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DE CARGA ROLANTE

Análise de variância para o Ensaio de carga rolante com 10 viagens

10 viagens					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,04192	0,04192	6,1660*	0,0159
Resíduos	58	0,39435	0,0068		
Total	59	0,43627			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio de carga rolante com 25 viagens

25 viagens					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,30417	0,30417	103,5882**	0,001
Resíduos	58	0,17031	0,00294		
Total	59	0,47447			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio de carga rolante com 50 viagens

50 viagens					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,02477	0,02477	3,5474 ns	0,0645
Resíduos	58	0,40493	0,0698		
Total	59	0,42969			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

ANEXO 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DE ENDENTAÇÕES CAUSADAS POR CARGAS APLICADAS EM PEQUENAS ÁREAS

Análise de variância para o Ensaio de endentação com 50 viagens

50 viagens					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,686	0,686	252,6562**	0,00000
Resíduos	178	0,48329	0,00272		
Total	179				

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio de endentação com 100 viagens

100 viagens					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,51396	0,51396	310,2006**	0,00000
Resíduos	178	0,29492	0,00166		
Total	179	0,800888			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

ANEXO 4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DE ABRASIVIDADE

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 1

FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,0598	0,5098	34,4207**	0,0001
Resíduos	52	0,09034	0,00174		
Total	53	0,15014			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

ANEXO 5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DA ESFERA DE AÇO CADENTE

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 1

Altura 1					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,92113	0,92113	28,4374**	0,0001
Resíduos	22	0,71261	0,03239		
Total	23	1,63374			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 2

Altura 2					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,01750	0,01750	63,2015**	0,0001
Resíduos	22	0,00609	0,00028		
Total	23	0,02359			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 3

Altura 3					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00128	0,00128	0,3011 ^{ns}	0,5886
Resíduos	22	0,09377	0,00426		
Total	23	0,09505			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 4

Altura 4					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00250	0,00250	0,6065 ^{ns}	0,4442
Resíduos	22	0,09053	0,00412		
Total	23	0,09303			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 5

Altura 5					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00039	0,00039	0,0904 ^{ns}	0,7664
Resíduos	22	0,09495	0,00432		
Total	23	0,09534			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 6

Altura 6					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,02968	0,02968	9,3847**	0,0056
Resíduos	22	0,06958	0,00316		
Total	23	0,09926			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 7

Altura 7					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00213	0,00213	0,4591 ^{ns}	0,5050
Resíduos	22	0,10229	0,00465		
Total	23	0,10442			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 8

Altura 8					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,0005	0,0005	0,0114 ^{ns}	0,9159
Resíduos	22	0,10604	0,00482		
Total	23	0,10609			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 9

Altura 9					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,0004	0,0004	0,0298 ^{ns}	0,8644
Resíduos	22	0,2592	0,01178		
Total	23	0,25955			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 10

Altura 10					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00003	0,00003	0,0036 ^{ns}	0,9525
Resíduos	22	0,17846	0,00811		
Total	23	0,17849			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 11

Altura 11					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00070	0,00070	0,0712 ^{ns}	0,7920
Resíduos	22	0,21772	0,0099		
Total	23	0,21842			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio da esfera de aço cadente altura 12

Altura 12					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,01123	0,01123	3,8002 ^{ns}	0,0640
Resíduos	22	0,06504	0,00296		
Total	23	0,07627			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

ANEXO 6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DO ENSAIO DA ESFERA DE AÇO CADENTE ENSAIO DE ATRITO ESTATICO E DINÂMICO

Análise de variância para o Ensaio de Atrito Estático

Atrito estático					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00302	0,00302	0,5840 ^{ns}	0,4472
Resíduos	68	0,35197	0,00518		
Total	69	0,35499			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)

Análise de variância para o Ensaio de Atrito Dinâmico

Atrito Dinâmico					
FV	GL	SQ	QM	Valor f	Valor p
Tratamentos	1	0,00112	0,00112	0,3953 ^{ns}	0,5315
Resíduos	68	0,19266	0,00283		
Total	69	0,19378			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

^{ns} não significativo ($p \geq .05$)